

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**Paula Ribeiro Dias Mascarenhas**

**Estudo da Degradação das Rochas da  
Fachada Principal do Museu Casa de Rui  
Barbosa**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Rio de Janeiro

2017



UFRJ

Paula Ribeiro Dias Mascarenhas

## **Estudo da Degradação das Rochas da Fachada Principal do Museu Casa de Rui Barbosa**

Trabalho Final de Curso  
apresentado ao Programa de  
Graduação em Geologia, IGEO, da  
Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de  
Geólogo

Orientador: Kátia Leite Mansur  
Co-orientador: Roberto Carlos da  
Conceição Ribeiro

Rio de Janeiro

2017

Paula Ribeiro Dias Mascarenhas

## **Estudo da Degradação das Rochas da Fachada Principal do Museu Casa de Rui Barbosa**

Trabalho Final de Curso  
apresentado ao Programa de  
Graduação em Geologia, IGEO, da  
Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de  
Geólogo

Orientador: Kátia Leite Mansur  
Co-orientador: Roberto Carlos da  
Conceição Ribeiro

Aprovado em:        /        /

Por:

---

Kátia Leite Mansur / Orientadora

---

Roberto Carlos da C. Ribeiro / Co-orientador

---

Renato Rodriguez Cabral Ramos

---

Nuria Fernández Castro

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2017  
iii

Com amor, para meus queridos pais Rita  
e Gilmar, que nunca deixaram de  
acreditar em mim.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças e me capacitou para a realização desta obra, sendo um socorro sempre presente nas tribulações.

Aos meus pais, Rita e Gilmar, fontes inesgotáveis de amor e apoio e razão maior para a conclusão deste projeto.

Ao meu amigo e companheiro de vida, Flávio, pelo incentivo, auxílio geológico, cumplicidade, paciência, amor e, sobretudo, respeito ao meu ritmo e tempo para tudo.

À minha filha, Isabel, que, ao nascer, trouxe luz para minha vida e ânimo para seguir em frente fazendo o meu melhor.

Aos meus familiares pela confiança depositada em mim, em especial a minha avó Luzia, pelo amor e suporte irrestritos.

A minha avó Idalice e aos meus sogros Nancy e José Carlos pelo carinho, moradia e grande apoio, no decorrer do curso e conclusão deste projeto, sem os quais nada disso seria possível.

A minha grande amiga e geóloga, Melissa, pela amizade, cumplicidade, confiança e torcida para me formar.

Aos meus orientadores Kátia L. Mansur e Roberto Carlos da C. Ribeiro por todo o suporte e incentivo para a realização deste trabalho e compreensão de todas as limitações que surgiram no percurso.

À Daniele Dalto, que me deu apoio, ânimo e confiança nas horas mais difíceis, sendo imprescindível para a conclusão deste trabalho. À Luanna C. Moura por estar sempre acessível e disposta a ajudar.

A todos os funcionários da Retrofit e à Fundação Casa Rui Barbosa que sempre deram todo o suporte e colaboração necessários para a realização deste trabalho.

Ao Centro de Tecnologia Mineral do Rio de Janeiro (CETEM-RJ), pela infraestrutura, apoio, equipamentos cedidos e análises realizadas.

Ao Centro de Integração Empresa-Escola (CIEE) pelo apoio financeiro, incentivando e viabilizando este trabalho.

## **Resumo**

### **Estudo da Degradação das Rochas da Fachada Principal do Museu Casa de Rui Barbosa**

Paula Ribeiro Dias Mascarenhas

Orientadores: Kátia Leite Mansur e Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Resumo do trabalho de conclusão de curso submetido ao Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Geólogo.

O Museu Casa de Rui Barbosa, cuja construção foi feita no ano de 1850, tem importância de cunho histórico e cultural e atualmente faz parte da Fundação Casa de Rui Barbosa, vinculada ao Ministério da Educação e da Cultura. O edifício, que abriga o museu, foi residência de Ruy Barbosa de Oliveira que, dentre outras atribuições, foi um jurista, escritor e político brasileiro de grande importância para o país. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é a avaliação da degradação das rochas da fachada sul principal da Casa de Rui Barbosa através de ensaios não destrutivos realizados *in situ* e em laboratório, por meio da avaliação de dureza e de cor e brilho, da amostragem de locais alterados, além da avaliação química dos sais e sujidades e análise do pH das águas de lavagem. As rochas de cantaria das portas e janelas do Museu Casa Rui Barbosa foram identificadas como leptinitos e gnaisses facoidais, sendo a fachada sul principal composta apenas por leptinito. Todas estas rochas apresentaram um certo grau de alteração, sendo que os danos encontrados foram rachaduras, fragmentações, alterações cromáticas, sujidades e modificações de elementos da fachada. Os resultados sugerem que o processo de alteração das rochas se relaciona à proximidade do mar, à forte ação dos poluentes e à intervenção antrópica, muitas vezes negativa, através de alterações na Casa.

**Palavras-chave:** Rochas, alterabilidade de rochas, degradação, museu, leptinito.

## **Abstract**

Study on Stone Degradation of Casa de Rui Barbosa Museum's Main Facade

Academic advisor: Kátia Leite Mansur e Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Final course assignment abstract submitted to the Geology Department of Rio de Janeiro Federal University— UFRJ, Geosciences Institute, as part of the requirements for obtaining the geologist degree

Casa de Rui Barbosa Museum was built in 1850 and it has an important historical and cultural nature for Brazilians and it makes part of the Casa de Rui Barbosa Foundation (Ministry of Education and Culture of Brazil). The building was the residence of Ruy Barbosa de Oliveira who among other duties was a lawyer, a writer and a politician of great importance to Brazil. Thus, the objective of this study is to evaluate the degradation of the stones of the Casa de Rui Barbosa's Main Southern Facade using nondestructive testing in situ for evaluation of hardness, color and brightness; altered local sampling and chemical evaluation of the salts and dirtiness and pH analyses of the wash water. The dimension stone, around the doors and windows, were identified as leptinites and augen gneisses, considering that the main facade's dimension stones are leptinites. Most stones present degradation as cracks, fragmentation, chromatic alterations, soiling and anthropic alterations. The results suggest that the degradation of stones is related to the proximity to the sea, to the pollutants' strong action and to the anthropic action, many times in the negative way, through alterations in the Casa de Rui Barbosa Museum.

**Keywords:** Stones, stones alterability, degradation, museum, leptinite.

"O temor do Senhor é a instrução da  
sabedoria, e precedendo a honra vai a  
humildade."

(Provérbios 15: 33)



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fundação Casa de Rui Barbosa. Fonte: NPArq (2015). .....	14
Figura 2: Exemplos de danos. 2a) Alteração; 2b) Degradação; 2c) Dano; 2d) Deterioração; 2e) Ruína; 2f) Intemperismo. Fonte: modificado de ICOMOS (2008). .....	18
Figura 3: Exemplos de degradação decorrentes da poluição: a) Sujidade e b) Crosta negra. Fonte: modificado de ICOMOS (2008). .....	20
Figura 4: Exemplo de Crosta Salina (halita) em calcário poroso. Fonte: modificado de ICOMOS (2008). .....	21
Figura 5: Exemplos de degradação decorrente da biodegradação por a) Líquens e b) Plantas. Fonte: modificado de ICOMOS (2008). .....	22
Figura 6: Obras do projeto de revitalização no Museu Casa de Rui Barbosa financiadas pelo BNDES e pelo Fundo Nacional da Cultura (2016). .....	24
Figura 7: Praça Tiradentes - centro de Ouro Preto-MG, com monumento à Tiradentes (à esquerda) e o Museu da Inconfidência (ao fundo). Fonte: AZEVEDO, G. (2016). .....	25
Figura 8: Vista de Botafogo do final do século XIX mostrando antigas pedreiras como a do Pasmado à esquerda, a da Babilônia à direita e à direita, em primeiro plano, a pedreira do Cemitério São João Batista. Fonte: Almeida e Porto Junior (2012) .....	26
Figura 9: As duas rochas tipicamente cariocas em detalhes da fachada da Igreja da Candelária: (a) Gnaiss facoidal; e (b) Leptinito. Fonte: modificado de Almeida e Porto Junior (2012). .....	27
Figura 10: Planta da Fundação Casa de Rui Barbosa. Fonte: NPArq (2015). .....	28
Figura 11: Localização da Fundação Casa de Rui Barbosa. Fonte: <i>Google Earth</i> (acessado em 14 de junho de 2016). .....	30
Figura 12: Localização da Fundação Casa de Rui Barbosa em relação a rua São Clemente. Fonte: <i>Google Earth</i> (acessado em 14 de junho de 2017). .....	31
Figura 13: Planta da fachada sul principal com as suas portas e janelas nomeadas. Fonte: modificado de NPArq (2015). .....	33
Figura 14: Fachada sul principal com pontos de coleta das amostras de rocha. Fonte: modificado de NPArq (2015). .....	34
Figura 15: Modelo das molduras das portas e janelas do Museu Casa de Rui Barbosa com seus blocos de rocha e suas subdivisões nomeadas. ....	35
Figura 16: Equipamento usado para medição da dureza - <i>Equotip 550 Leeb</i> da marca <i>Proceq</i> . Fonte: <a href="http://www.proceq.com/nondestructivetestequipment/metal-testing/hardness-testing/equotip-550-leeb.html">http://www.proceq.com/nondestructivetestequipment/metal-testing/hardness-testing/equotip-550-leeb.html</a> (acessado em 18 de maio de 2016). .....	37
Figura 17: Medição realizada <i>in situ</i> com o equipamento de dureza <i>Equotip 550 Leeb</i> . .....	37

Figura 18: Espaço de cor CIELab. Fonte: Saeed et al. (2014) (acessado em 18 de maio de 2016). .....	38
Figura 19: Equipamento utilizado na medição de cor e brilho nas rochas da fachada sul principal - Spectro-Guide Sphere Gloss - BYK. Fonte: <a href="http://www.mastcom.com.br/produtos/cor/cor-solida/">http://www.mastcom.com.br/produtos/cor/cor-solida/</a> (acessado em 20 de maio de 2016)..	39
Figura 20: Utilização do equipamento de FRX portátil na janela SJ4.....	40
Figura 21: Coleta da água de lavagem. Fonte: Ribeiro <i>et al.</i> (2016). .....	42
Figura 22: Equipamento usado para análise de pH - pHmetro Thermo Scientific- Orion 4-Star. Fonte: Ribeiro <i>et al.</i> (2012). .....	43
Figura 23: Localização das frentes desativadas de pedreiras na região da zona sul da cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Almeida e Porto Jr. (2012). .....	44
Figura 24: Detalhe de leptinito na moldura de uma das janelas do Museu Casa de Rui Barbosa. ....	45
Figura 25: Veio de composição granítica rico em mica.....	45
Figura 26: Fissuras em arco de porta. ....	46
Figura 27: Fratura na base de uma janela. ....	47
Figura 28: Exemplos de perda de massa por meio de lascamentos nas bordas dos blocos de rocha de portas e janelas.....	48
Figura 29: Sujidades no arco de uma porta. ....	49
Figura 30: Sujidades na parte inferior da moldura da porta. ....	49
Figura 31: Mancha alaranjada na parte inferior do acabamento de uma porta.....	50
Figura 32: Manchas com aspecto gorduroso. ....	51
Figura 33: Exemplos de modificação de elementos da fachada. a) e b) Marcas de remoção de elementos da fachada; c) e d) Colagem de peças exóticas. ....	52
Figura 34: Difratoograma da amostra da porta SP2.....	67
Figura 35: Difratoograma da amostra da porta SP4.....	68
Figura 36: Difratoograma da amostra da janela SJ3. ....	69
Figura 37: Difratoograma da amostra da janela SJ4. ....	70

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Dados de dureza (em HDL) das janelas da fachada sul principal.....	53
Tabela 2: Dados de dureza (HDL) das portas da Fachada Principal Sul. ....	53
Tabela 3: Distribuição colorimétrica e de brilho de um leptinito inalterado. ....	55
Tabela 4: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da janela SJ1.....	56
Tabela 5: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP1. ....	56
Tabela 6: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da janela SJ2.....	57
Tabela 7: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP2 .....	57
Tabela 8: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP3 .....	58
Tabela 9: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP4. ....	58
Tabela 10: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da janela SJ3. ....	59
Tabela 11: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP5.....	60
Tabela 12: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da janela SJ4. ....	60
Tabela 13: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Janela SJ1. ....	61
Tabela 14: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP1. ....	62
Tabela 15: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Janela SJ2. ....	62
Tabela 16: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP2. ....	62
Tabela 17: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP3. ....	63
Tabela 18: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP4. ....	63
Tabela 19: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Janela SJ3. ....	63
Tabela 20: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP5. ....	63
Tabela 21: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Janela SJ4. ....	64
Tabela 22: Análise química (%) das portas SP2 e SP4 e janelas SJ3 e SJ4 .....	65
Tabela 23: Análise química ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) dos íons encontrados na água de lavagem.....	72
Tabela 24: Medição de pH das águas de lavagem .....	72

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. OBJETIVO .....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
3.1 Rochas Ornamentais .....	16
3.2 Alterabilidade .....	17
3.3 Causas da degradação .....	19
3.3.1 Poluição .....	19
3.3.2 Sais .....	20
3.3.3 Biodegradação .....	21
3.4 Restauro e Conservação .....	22
3.5 Monumentos Pétreos do mundo/do Brasil/Rio de Janeiro .....	24
3.6 Museu Casa Rui Barbosa .....	27
4. LOCALIZAÇÃO DO MUSEU .....	30
5. METODOLOGIA .....	32
5.1 Nomenclatura e Amostragem .....	32
5.1 Análises <i>in situ</i> .....	35
5.1.1 Caracterização Litológica e das Morfologias de Alteração .....	35
5.1.2 Dureza .....	36
5.1.3 Determinação de Cor e Brilho .....	38
5.1.4 Caracterização Química: Fluorescência de Raios-X (FRX) Portátil .....	39
5.2 Análises Laboratoriais .....	40
5.2.1 Caracterização Química: Fluorescência de Raios-X (FRX) .....	40
5.2.2 Caracterização Mineralógica: Difração de Raios- X (DRX) .....	41
5.2.3 Análise de Sais e Sujidades .....	41
5.2.4 Análise de pH .....	42
6. Resultados e Discussões .....	44
6.1 Análises <i>in situ</i> .....	44

6.1.1	Caracterização Litológica e das Morfologias de Alteração .....	44
6.1.2	Dureza .....	52
6.1.3	Determinação de Cor e Brilho .....	54
6.1.4	Caracterização Química: Fluorescência de Raios-X (FRX) Portátil .....	61
6.2	Análises Laboratoriais .....	64
6.2.1	Caracterização Química: Fluorescência de Raios-X (FRX) .....	64
6.2.2	Caracterização Mineralógica: Difração de Raios- X (DRX).....	65
6.2.3	Análise de Sais e Sujidades .....	71
6.2.4	Análise de pH .....	72
7.	Conclusões .....	73
	Referências Bibliográficas .....	75

## 1. INTRODUÇÃO

A construção do prédio que abriga hoje o Museu Casa de Rui Barbosa (MCRB) data de 1850 e constitui um exemplar significativo da arquitetura urbana da cidade do Rio de Janeiro do século XIX (Fig. 1). A Casa foi um dos primeiros monumentos nacionais tombados pelo IPHAN devido ao seu valor histórico por ter abrigado a figura ilustre de Rui Barbosa e ter sido palco de grandes eventos sociais e artísticos da época.

Assim como outros monumentos históricos da cidade do Rio de Janeiro, com arquitetura semelhante, o Museu Casa de Rui Barbosa apresenta sinais de degradação, em diferentes graus, decorrente de diversos fatores que deterioraram os elementos da sua fachada, tais como as rochas ornamentais que compõem as molduras das suas portas e janelas.

Neste contexto, foi realizada uma caracterização dos danos visíveis por meio de ensaios tecnológicos *in situ* e em laboratório para a identificação e reconhecimento tanto da sua natureza, quanto dos fatores responsáveis pela degradação das rochas da fachada sul principal do Museu Casa de Rui Barbosa.



Figura 1: Fundação Casa de Rui Barbosa. Fonte: NPArq (2015).

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho consiste na caracterização tecnológica das rochas de cantaria das portas e janelas da parte inferior da fachada sul principal do Museu Casa de Rui Barbosa e na determinação das causas e tipos de alteração atuantes nestas rochas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Rochas Ornamentais

Rochas ornamentais, pedras naturais, materiais lapídeos, rochas dimensionadas ou rochas de cantaria são materiais rochosos extraídos e beneficiados a fim de serem utilizados com funções de revestimento, decorativas ou estruturais. A utilização das rochas ornamentais acompanhou a evolução da humanidade e, graças a sua durabilidade, consistem em um registro dessa evolução, da cultura e dos costumes ao longo da história (VIDAL *et al.*, 2013).

Rochas são quaisquer agregados naturais sólidos, compostos de um ou mais minerais e constituem parte essencial da crosta terrestre (MACHADO *et al.*, 2000 a 2003a). Elas podem ser agrupadas em três grandes categorias: rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas. Rochas ígneas são aquelas formadas pela cristalização do magma, seja no interior da Terra (intrusivas) ou na superfície terrestre por meio da extrusão do magma de um vulcão (extrusivas). Rochas sedimentares são aquelas formadas como produtos do soterramento de camadas de sedimentos, sejam elas depositadas em terra ou no mar. As rochas metamórficas são aquelas formadas pela transformação de rochas preexistentes, no estado sólido, sob a influência de alta pressão e temperatura (WHITEHEAD, 2006).

De acordo com a Anon (2005), rochas ornamentais, de construção ou de cantaria são definidas como aquelas provenientes de ocorrências naturais de rochas de origem ígnea, sedimentar ou metamórfica que são consolidadas o suficiente para serem cortadas e aparadas em blocos ou lajes, a fim de serem usadas na construção de muros e paredes, na pavimentação de vias, como materiais de cobertura na construção civil, como esculturas, além de inúmeras outras estruturas.

Segundo o dicionário da língua portuguesa Michaelis (2015), "cantaria" significa "1) Arte ou ofício de canteiro; 2) Pedra lavrada em forma geométrica usada na construção civil; alístão, pedra de cantaria; 3) Maciço formado por pedras esquadradas que são colocadas à frente dos muros e nos cantos dos edifícios."



### 3.2 Alterabilidade

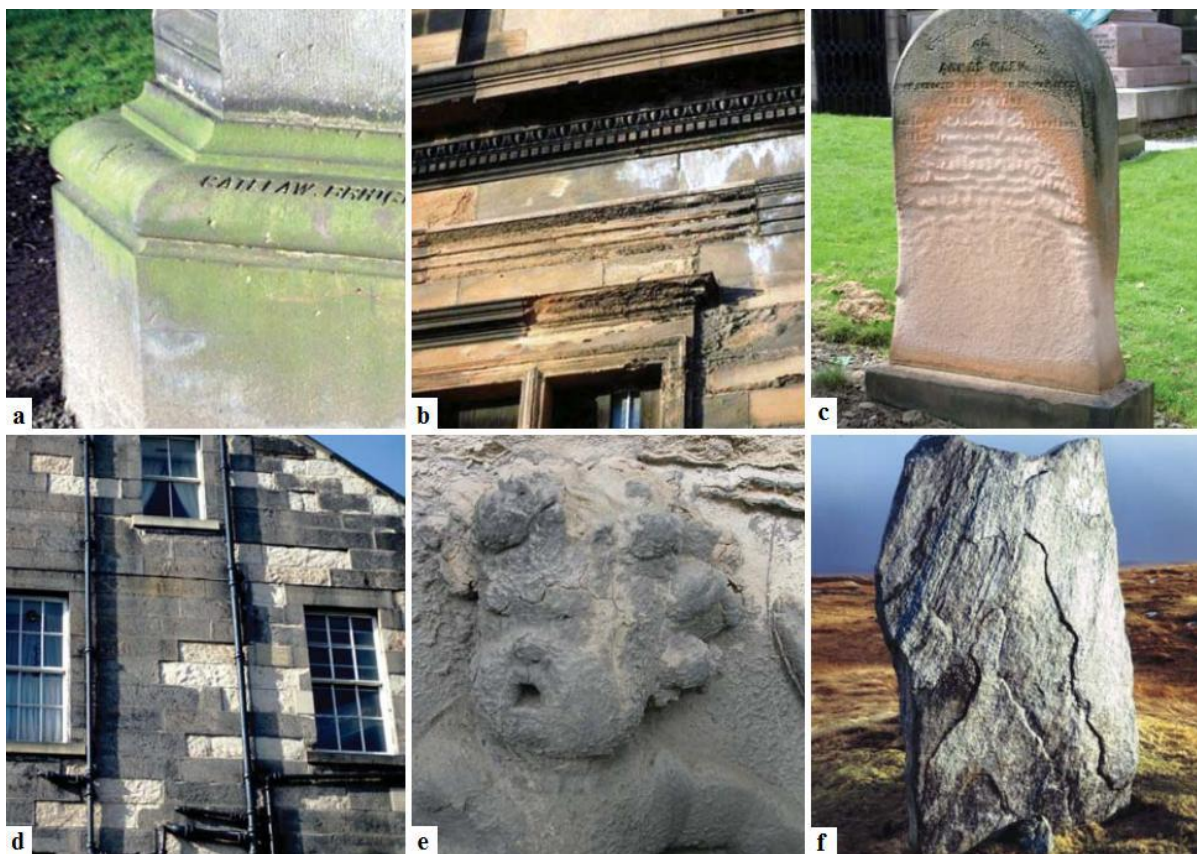
As rochas ornamentais ao serem utilizadas na construção civil são expostas a condições ambientais diversas daquelas em que se encontravam, assim como a novas solicitações de uso e, então, tem início o processo de alteração das mesmas em resposta às novas condições atmosféricas e ao intemperismo (FRASCÁ, 2013).

A alterabilidade de uma rocha consiste na sua aptidão em se alterar em função do tempo, considerando a escala humana, em períodos de dias a anos, nos quais os fenômenos ocorrem concomitantemente ao uso e às obras de engenharia (AIRES-BARROS, 1991 apud FRASCÁ, 2013).

Enquanto existem poucas rochas aparentemente não afetadas por séculos de exposição ao intemperismo, a maioria delas sofre degradações graduais ou episódicas. Considerando que uma parte gigantesca do patrimônio cultural mundial foi construído com rochas, como estruturas ou ornamentos, não há como negar que eles estão aos poucos, mas, inevitavelmente, desaparecendo (DOEHNE e PRICE, 2010).

No contexto da alterabilidade das rochas que compõem os monumentos históricos, o Glossário ICOMOS (2008) elenca termos gerais para descrever a degradação dos mesmos, dentre eles: alteração, degradação, dano, deterioração, ruína e intemperismo. Estes termos são utilizados para auxiliar na descrição de diversas morfologias de alteração que podem afetar os monumentos.

Alteração consiste em uma modificação do material que não significa necessariamente uma piora nas suas características sob o ponto de vista da conservativo (Fig. 2a). Ou seja, existem alterações que, ao invés de depreciarem, conferem valor ao material. Degradação é o declínio da condição, qualidade ou capacidade funcional do material (Fig. 2b). Dano trata-se de uma percepção humana da perda de valor devido a sua deterioração. (Fig. 2c). Deterioração é um processo que piora ou reduz a qualidade, o valor e as características do material, em outras palavras, é a depreciação do mesmo (Fig. 2d). Ruína significa qualquer modificação química ou física das propriedades intrínsecas da rocha que levem à perda de seu valor ou impossibilidade de uso (Fig. 2e). Por fim, na Figura 2f, observa-se a ação do intemperismo, que consiste na modificação das propriedades físicas ou químicas da rocha devido à ação de agentes atmosféricos naturais (ICOMOS, 2008).



**Figura 2: Exemplos de danos. 2a) Alteração; 2b) Degradação; 2c) Dano; 2d) Deterioração; 2e) Ruína; 2f) Intemperismo. Fonte: modificado de ICOMOS (2008).**

O Glossário ICOMOS (2008) ainda subdivide os danos em 5 cinco categorias: Fenda e Deformação; Destacamento de Área; Formas Devidas à Perda de Material; Alteração Cromática e Depósito; e Colonização Biológica.

Na categoria "Fenda e Deformação" se incluem a deformação e a fenda com seus subtipos: fratura, fenda em estrela, fissura, craquelê, divisão entre outros. Na de "Destacamento em Área" estão incluídas a bolha, a ruptura, a delaminação, a desagregação, a fragmentação, a descamação etc. Entre as "Formas Devidas à Perda de Material" estão a alveolização, a erosão, o dano mecânico, a microcarsificação, a lacuna, a perfuração, a escavação etc. Na categoria "Alteração Cromática e Depósito" estão incluídas a crosta, o depósito, a alteração cromática, a eflorescência, a incrustação, o filme, o aspecto brilhante, o graffiti, a pátina, a sujidade, a subeflorescência etc. E na "Colonização Biológica" se enquadram a colonização biológica, as algas, os líquens, os musgos, os mofos, as plantas etc (ICOMOS, 2008).

### **3.3 Causas da degradação**

No intuito de prevenir ou remediar a deterioração da rocha, é necessário buscar e compreender a sua causa. Em alguns casos, a causa é simples e óbvia e, em outros casos, pode envolver um fator complexo ou ainda vários fatores atuando em conjunto.

Segundo Doehne e Price (2010), dentre as causas da degradação de monumentos históricos estão: terremoto, incêndio, enchente, vento, chuva, congelamento, flutuações de temperatura, ataque químico, terrorismo, vandalismo, negligência, turismo, tratamento da rocha, fatores intrínsecos, acúmulo de sais, poluição, biodeterioração, dentre outros. Sendo as primeiras mais súbitas e rápidas, enquanto as últimas são mais lentas e insidiosas. No presente trabalho serão tratadas apenas as últimas, quais sejam a poluição, os sais e a biodeterioração devido a sua grande incidência e atuação nos monumentos históricos na cidade do Rio de Janeiro.

#### **3.3.1 Poluição**

A poluição atmosférica é definida como uma mudança nas características físicas, químicas ou biológicas do ar atmosférico que pode afetar nocivamente o equilíbrio do sistema ecológico interferindo na vida do homem, animais e vegetais; deteriorando bens culturais e de lazer; inutilizando ou depreciando os recursos naturais (DENATRAN, 1980 apud AZUAGA, 2000).

A poluição do ar produz chuva ácida e sujidades, grandes vilões em termos de degradação dos monumentos históricos. A chuva ácida afeta, principalmente, as rochas carbonáticas, enquanto as sujidades, provenientes de partículas atmosféricas, geram problemas para todos os tipos de rocha (Fig. 3). Dentre os tradicionais poluentes responsáveis pela chuva ácida estão os óxidos de enxofre e nitrogênio e o dióxido de carbono, que são mais atuantes quanto mais industrializados forem os locais (DOEHNE e PRICE, 2010).



**Figura 3: Exemplos de degradação decorrentes da poluição: a) Sujidade e b) Crosta negra.**  
**Fonte: modificado de ICOMOS (2008).**

A poluição acarreta problemas cumulativos de degradação dos monumentos por meio da perda de material ou pela deposição de produtos de reação, tais como sais solúveis, que provocam um dano contínuo à superfície das rochas. Outro produto de reação é a crosta negra, efeito direto dos poluentes ácidos. A crosta negra é um tipo de crosta que se desenvolve em locais ao abrigo da chuva ou escoamento de água; ela se adere firmemente ao substrato e é composta, principalmente, por partículas atmosféricas (ICOMOS, 2008).

### **3.3.2 Sais**

Juntamente com a poluição, os sais solúveis -sulfatos e nitratos-, são uma das principais causas da degradação dos monumentos históricos. As fontes dos sais solúveis podem ser muitas: a poluição atmosférica; os solos, de onde o sal é trazido pela umidade ascendente por capilaridade; ventos do mar ou deserto; degelo; materiais de limpeza inadequados; materiais de construção incompatíveis; fertilizantes de jardim, dentre outras. Os danos gerados pelos sais solúveis são inúmeros, sendo o principal deles o crescimento dos cristais de sal, dentro dos poros da rocha, gerando tensões capazes de trincar a rocha e até, em casos extremos, reduzi-la a pó (DOEHNE e PRICE, 2010).



Na parte externa dos monumentos, os sais solúveis geram crostas salinas que se desenvolvem na presença de níveis elevados de sal no ambiente, se formando a partir de ciclos de umidade e seca (Fig. 4). Estas crostas podem estar fraca ou fortemente ligadas ao substrato e frequentemente se destacam levando inclusive materiais rochosos (ICOMOS, 2008). Entretanto, devido à ação higroscópica dos sais, eles também podem causar danos aos ambientes internos dos monumentos (DOEHNE e PRICE, 2010).



**Figura 4: Exemplo de Crosta Salina (halita) em calcário poroso. Fonte: modificado de ICOMOS (2008).**

### **3.3.3 Biodegradação**

Segundo Doehne e Price (2010), a degradação biológica ou biodegradação das rochas é aquela gerada por organismos vivos tais como fungos, bactérias e plantas, e o seu efeito nos monumentos é controverso, ora sendo prejudicial, ora benéfico (Fig. 5). Exemplos positivos decorrentes da biodegradação são: a estabilidade termal fornecida pela sombra que plantas trepadeiras, como as heras, fornecem aos muros que cobrem; a aparência antiga e romântica que elas e outras plantas conferem aos monumentos; ou ainda a estabilização por meio de biofilmes de superfícies que estão fragilizadas, dentre outros.



**Figura 5: Exemplos de degradação decorrente da biodegradação por a) Líquens e b) Plantas.**  
**Fonte: modificado de ICOMOS (2008).**

No entanto, em outros casos, que são a maioria, os organismos contribuem para acelerar a deterioração das rochas, particularmente quando se trata de ambientes com altas taxas de poluição. Dentre os danos causados pela biodegradação estão: os de natureza mecânica, gerados pela penetração e expansão de raízes de líquens e plantas nas rochas mediante mudanças na umidade do ambiente; e os de natureza química, por meio da secreção de ácidos quelantes de íons como o cálcio, por exemplo, dentre tantos outros danos (DOEHNE e PRICE, 2010).

### **3.4 Restauro e Conservação**

Um dos fatores mais determinantes da posição social de uma civilização consiste em suas construções históricas, juntamente com as propriedades arquitetônicas, que resistem através do tempo (KORKANÇ *et al.*, 2014).

Diferentes estruturas de monumentos e construções históricas se basearam em rochas como seu principal material de construção, na forma de alvenarias e fundações, enquanto outros tipos de rochas foram usados como elementos decorativos e arquitetônicos ao longo dos séculos. No entanto, a preservação desses elementos feitos de rocha é fundamental para a continuidade destas estruturas (STEFANIDOU, 2015).

As construções históricas são sujeitas a fatores naturais e antropogênicos negativos. Os processos de degradação levam a mudanças na superfície das rochas

quando expostas ao ar livre, seja em afloramentos naturais ou em construções. Nas construções civis, à medida que a resistência a fatores externos diminui, a sua deterioração se torna inevitável como resultado da combinação de todos os impactos biológicos, químicos e físicos (KORKANÇ *et al.*, 2014).

Neste contexto, houve um consenso geral de que no começo do terceiro milênio se tornaria imperativo tomar medidas emergenciais para a conservação e preservação de monumentos históricos e objetos arqueológicos. Para tanto, o primeiro passo, em qualquer estudo desta natureza, é a identificação e caracterização do processo de alterabilidade e do fenômeno mais significativo em termos de degradação nos materiais feitos de pedras naturais. A partir deste ponto, é necessário criar uma sólida base de conhecimentos acerca da composição mineralógica, das características geoquímicas e da petrografia dessas rochas. Com isto, é possível explicar o mecanismo e as particularidades da degradação que acomete os monumentos históricos e fornecer, em cada caso concreto, a metodologia adequada para a conservação desta herança histórica humana (OSTROOUMOV, 2008).

Todas as intervenções internas e externas realizadas no museu-casa são pautadas pelo Plano de Conservação Preventiva do Museu Casa de Rui Barbosa, que data do final da década de 1990, visando a sua preservação (Fig. 6). Este plano de conservação preventiva está alinhado com os conceitos de sustentabilidade e preservação visando a preservação do patrimônio, a identificação das causas de deterioração, a definição de estratégias de preservação, o desenvolvimento de projetos e pesquisas e a priorização de intervenções que se façam necessárias (FUNDAÇÃO, 1997).



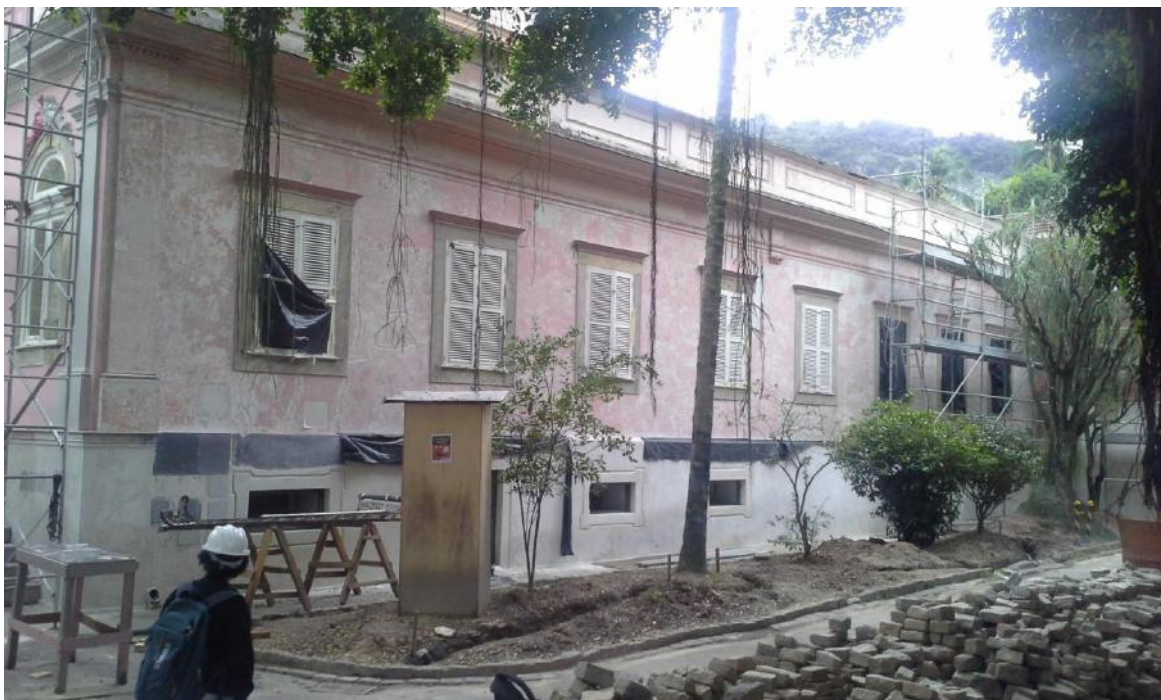


Figura 6: Obras do projeto de revitalização no Museu Casa de Rui Barbosa financiadas pelo BNDES e pelo Fundo Nacional da Cultura (2016).

### 3.5 Monumentos Pétreos do mundo/do Brasil/Rio de Janeiro

Desde tempos imemoriais, pedras ornamentais tem sido parte valiosa e essencial da indústria de construção civil em muitas cidades e países do mundo e com o passar do tempo se tornaram materiais tradicionais nestes lugares (K'AKUMU *et al.*, 2010). As edificações e monumentos criados testemunham realizações técnicas e artísticas extraordinárias. Os exemplos históricos e atuais atestam que essas estruturas representam uma demonstração de poder, permanência e representação (SIEGESMUND e TÖRÖK, 2014).

O uso de rochas na construção e ornamentação de grandes monumentos históricos pode ser observado em vários lugares do mundo como as grandes pirâmides do Egito; os prédios e monumentos da Grécia e Roma antigas, como o Partenon e o Coliseu, respectivamente; a Catedral de Notre-Dame, em Paris; Machu Picchu, no Peru; a Grande Muralha da China; e a estátua do Cristo Redentor no Brasil.

Durante a Idade Média, na Europa, houve um grande uso de rochas ornamentais na construção de prédios, palácios, castelos, igrejas, monumentos, esculturas, praças, estradas, viadutos, portos etc (PEREIRA, 2009). Pode-se dizer que a matéria-prima utilizada na construção civil de cada local possui forte ligação



com as rochas disponíveis nestes lugares, as quais muitas vezes se tornam referência mundial, como os mármore brancos de Carrara (Itália).

No Brasil existem diversos monumentos reconhecidos internacionalmente como patrimônios culturais e históricos da humanidade. O país conta com inúmeros exemplos de edificações pétreas e da utilização em larga escala de rochas para a construção civil e pavimentação em diversos estados brasileiros. Dentre as diversas cidades históricas, pode ser citada a cidade Ouro Preto que exibe casas, lojas, igrejas, obeliscos e museus em arquitetura colonial, muitos deles tombados como patrimônio histórico nacional atraindo um intenso turismo regional (Fig. 7). Exemplos de diferentes monumentos em outros estados são o Palácio Imperial de Petrópolis - RJ, o Monumento aos Bandeirantes em São Paulo - SP, a Catedral Angelopolitana em Santo Ângelo - RS e os centros históricos das cidades de Olinda - PE, Salvador - BA e Paraty - RJ, dentre tantos outros.



Figura 7: Praça Tiradentes - centro de Ouro Preto-MG, com monumento à Tiradentes (à esquerda) e o Museu da Inconfidência (ao fundo). Fonte: AZEVEDO, G. (2016).

A cidade do Rio de Janeiro é referência quando se trata de monumentos históricos do país. Segundo Almeida e Porto Junior (2012), as cidades que compõem a região do Grande Rio, rodeadas por maciços rochosos, no Brasil Colonial, tiveram seu desenvolvimento desde o seu início, atrelado à indústria de extração de rochas. Por isso, as rochas expostas nas cantarias de edifícios históricos testemunham a história do crescimento urbano da cidade.

A região central do Rio de Janeiro é rica em exemplos sobre a relação histórica de uso da rocha pelo homem por conservar um conjunto arquitetônico que remete ao "Rio Antigo", onde estão preservadas várias construções erguidas a partir de materiais extraídos das pedreiras históricas do centro e da zona sul da cidade que hoje estão extintas ou desativadas (Fig. 8). Exemplo desses monumentos são construções como a Candelária, Casa França-Brasil, os Centros Culturais dos Correios e do Banco do Brasil, dentre tantos outros (ALMEIDA e PORTO JUNIOR, 2012).



**Figura 8: Vista de Botafogo do final do século XIX mostrando antigas pedreiras como a do Pasmado à esquerda, a da Babilônia à direita e à direita, em primeiro plano, a pedreira do Cemitério São João Batista. Fonte: Almeida e Porto Junior (2012)**

O leptinito e o gnaiss facoidal, duas rochas tipicamente cariocas, ornaram as fachadas de antigas moradias e diversos monumentos históricos da cidade do Rio

de Janeiro, sendo o gnaissse aquele que mais se destaca como pedra de cantaria (MANSUR *et al.*, 2008) (Fig. 9). O gnaissse facoidal ou gnaissse ocelar, conhecido também como *pedra-de-galho*, em diversos documentos históricos, consiste em um ortognaissse de composição granítica e foliação anastomosada. Já o leptinito trata-se de uma rocha de composição igualmente granítica, porém de granulação fina e foliação espaçada (ALMEIDA e PORTO JUNIOR, 2012).

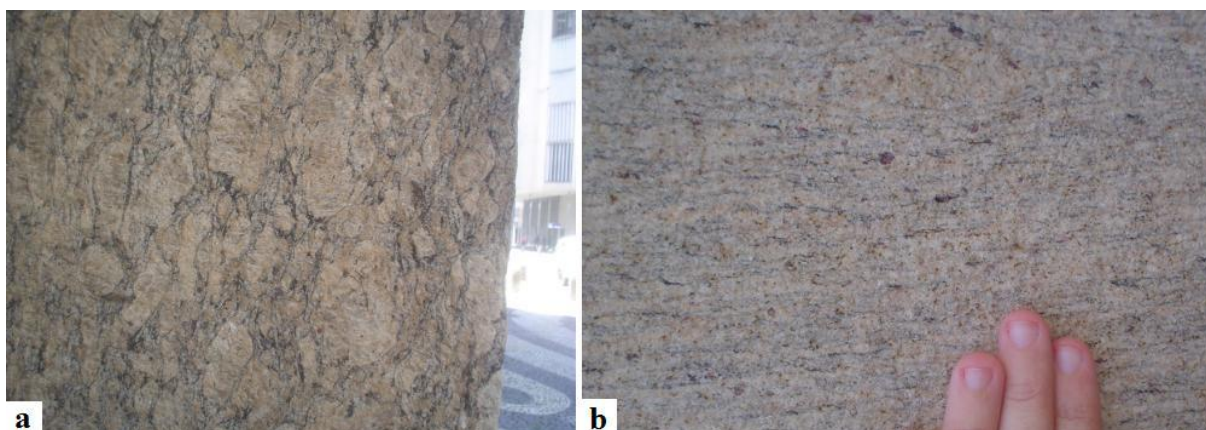


Figura 9: As duas rochas tipicamente cariocas em detalhes da fachada da Igreja da Candelária: (a) Gnaissse facoidal; e (b) Leptinito. Fonte: modificado de Almeida e Porto Junior (2012).

### 3.6 Museu Casa Rui Barbosa

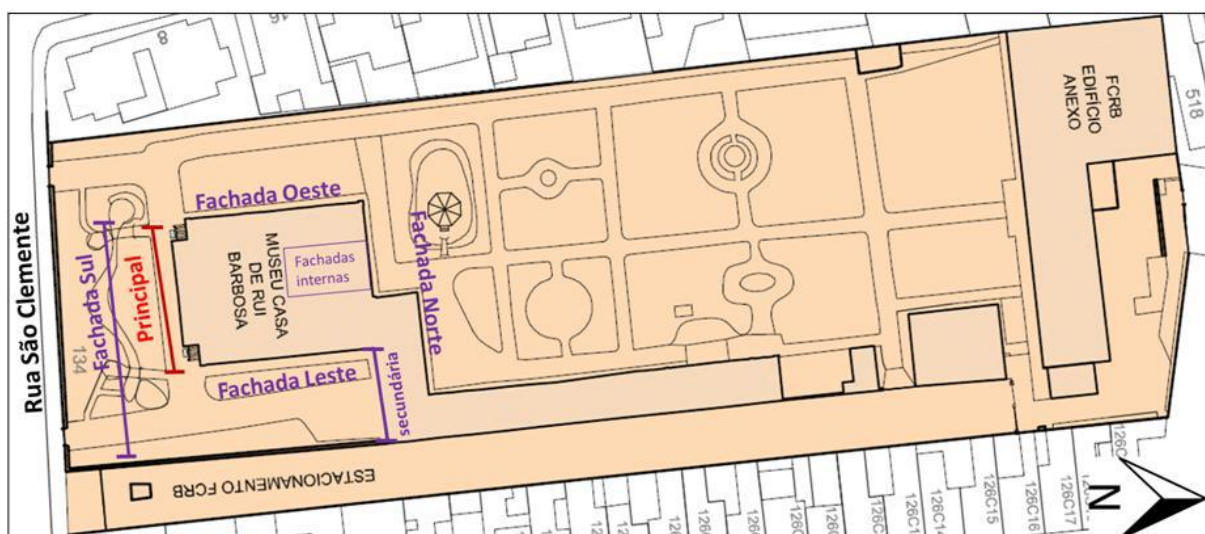
Ruy Barbosa de Oliveira (1849-1923) foi advogado, jornalista, jurista, político, diplomata, ensaísta e orador, dentre outras inúmeras atribuições que o tornaram um dos personagens mais conhecidos da história do Brasil segundo a Academia Brasileira de Letras (19??). Nascido em Salvador, BA, em 1849, fixou-se no Rio de Janeiro em 1879 ao ser eleito para a Assembleia Legislativa da Corte Imperial. Rui Barbosa viveu na casa que leva o seu nome de 1895 a 1923 e no ano seguinte, 1924, a casa foi adquirida pelo governo brasileiro com todo o seu acervo. Desde 1930 ela se tornou o Museu Casa de Rui Barbosa (MCRB) conservando todos os seus móveis, uma biblioteca e a sua extensa produção intelectual, reunida em arquivos (FUNDAÇÃO, 1997).

Apesar de levar o seu nome, Rui Barbosa foi o quarto morador da casa, construída em 1850 pelo Barão da Lagoa, Bernardo Casimiro de Freitas. O comendador português Albino de Oliveira Guimarães e o comerciante inglês John Roscoe Allen foram o segundo e terceiro morador da casa, respectivamente. Ao



longo do tempo de residência destes na casa, algumas reformas foram feitas no local, inclusive por Rui Barbosa, seu patrono.

Em 1928, o Museu Casa de Rui Barbosa foi criado e inaugurou o primeiro museu casa do país. Em 1938, a casa foi tombada pelo Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional -SPHAN, atual IPHAN, com inscrições no Livro Histórico e no Livro de Belas Artes. Em 1952, foi criado o Centro de Pesquisas no MCRB atuante nas áreas de Direito e Filosofia. Em 1966, a Fundação Casa de Rui Barbosa (FCRB) foi criada, sendo composta pelo museu-casa e pelos jardins frontal, laterais e o de fundo e conta com um prédio anexo (Fig. 10). Em 1972, houve a criação do Arquivo-Museu de Literatura Brasileira e, até os dias de hoje, pesquisas, projetos e atividades culturais são desenvolvidas no espaço (NPArq, 2015). Na Figura 10 pode-se observar a planta da FCRB com o Museu Casa de Rui Barbosa, seus jardins e o seu Edifício-sede criado em 1978 pelo Ministro da Cultura Euro Brandão.



**Figura 10: Planta da Fundação Casa de Rui Barbosa. Fonte: NPArq (2015).**

O MCRB conta com uma arquitetura neoclássica em suas fachadas. O prédio é constituído por paredes externas com função estrutural, compostas por alvenarias mistas de tijolo e pedras, paredes divisórias internas em tabiques estucados, estrutura de pisos, forros e telhado em madeira, e cobertura em telhas cerâmicas do tipo francesa (NPArq, 2015).

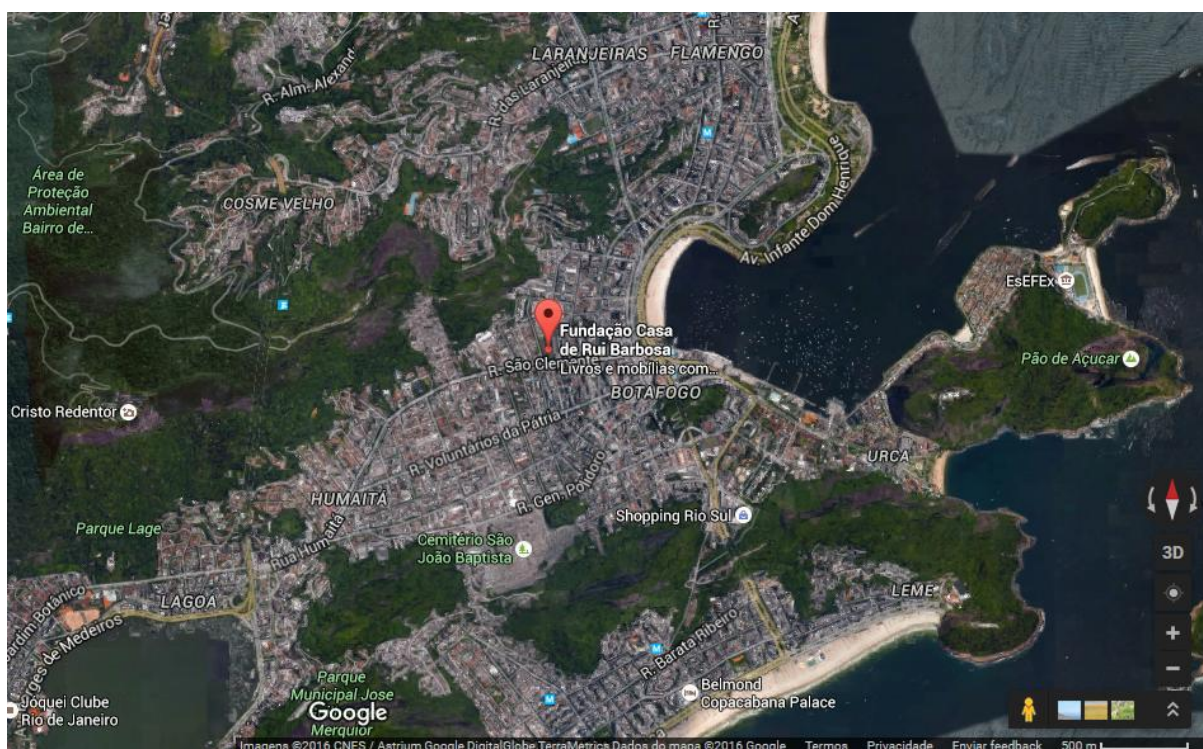
Na sua parte externa, a Casa é integralmente pintada na cor salmão, possui largo avarandado, com gradil de ferro em toda a sua extensão e escadas em

mármore branco de Carrara (Fundação, 1997). As suas fachadas possuem largas portas e janelas emolduradas com leptinito e gnaiss facoidal, sendo que o último predomina. A fachada principal do prédio é voltada para o sul geográfico e se divide em secundária e principal, sendo o objeto de estudo deste trabalho a fachada principal, em seu andar inferior, sendo identificada aqui como fachada sul principal, a qual possui cinco portas e quatro janelas, todas emolduradas por leptinito, nas quais foram realizadas diversas caracterizações tecnológicas.

As superfícies arquitetônicas da Casa de Rui Barbosa apresentam várias dificuldades para a sua conservação/restauração, considerando o valor de patrimônio da edificação, a sua função atual como museu e o fato das superfícies atuais, embora não sendo as originais, possuírem historicidade e conformarem o valor figurativo do monumento por décadas. As superfícies arquitetônicas exteriores, também chamadas de superfícies de sacrifício, vem sendo objeto de discussões conceituais e técnicas para a sua conservação. (NPArq, 2015)

#### 4. LOCALIZAÇÃO DO MUSEU

A Fundação Casa de Rui Barbosa se localiza na rua São Clemente, número 134, no bairro de Botafogo, zona sul da cidade do Rio de Janeiro, a menos de 800 m da Praia de Botafogo, na Baía de Guanabara (a leste), com a Lagoa Rodrigo de Freitas, a sudoeste, e o oceano Atlântico, a sul (Fig. 11).

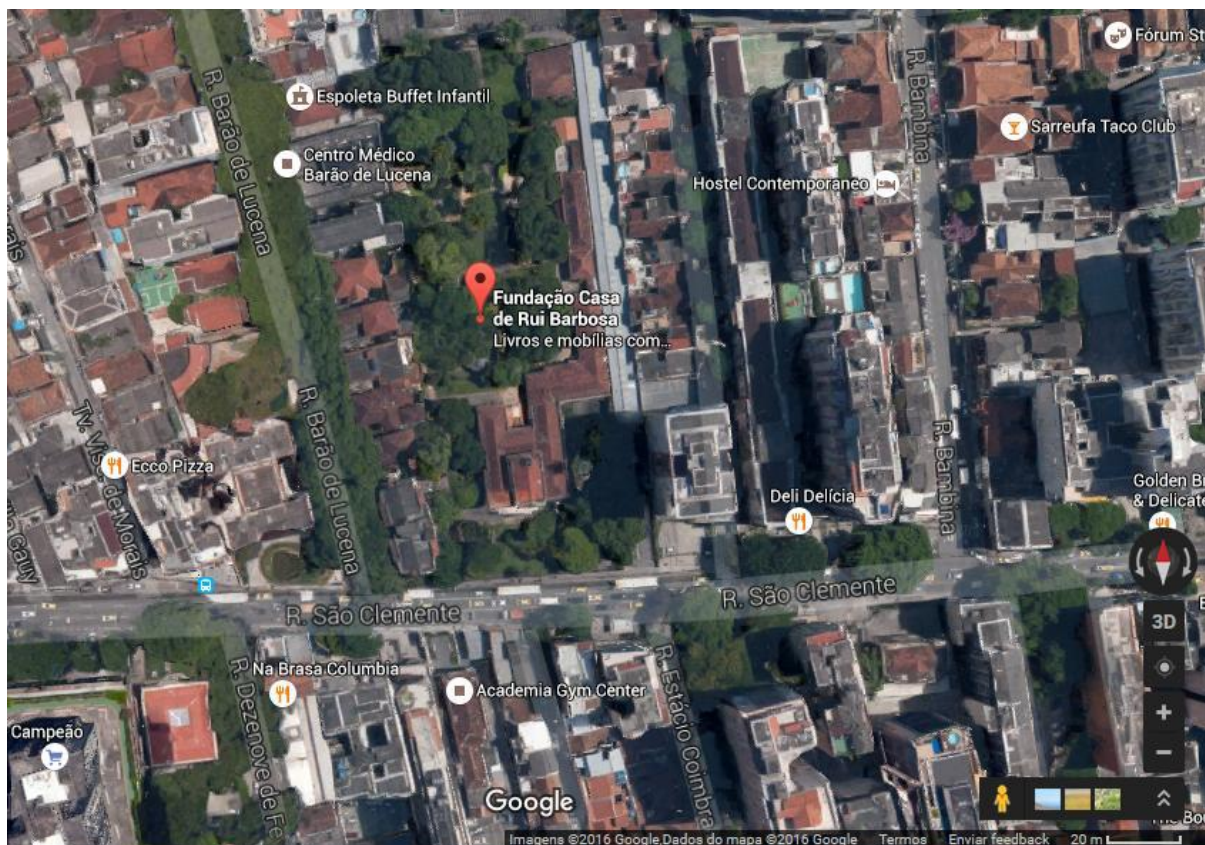


**Figura 11: Localização da Fundação Casa de Rui Barbosa. Fonte: Google Earth (acessado em 14 de junho de 2016).**

Além da proximidade com a Baía de Guanabara, pode-se observar que a Casa se localiza em um vale encaixado entre o Maciço da Tijuca e as montanhas menores localizadas mais próximas ao mar

A rua São Clemente conta com um fluxo intenso de automóveis sujeitando o monumento à forte ação de ácidos provenientes da poluição produzida pelo escapamento dos automóveis. A fachada sul é a mais afetada por ficar de frente para a rua, enquanto as demais fachadas são mais protegidas desta agressão por estarem cercadas por outras residências, como pode ser visto na Figura 12.





**Figura 12: Localização da Fundação Casa de Rui Barbosa em relação a rua São Clemente.**  
**Fonte: Google Earth (acessado em 14 de junho de 2017).**

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1 Nomenclatura e Amostragem**

A fachada sul principal (FSP), na parte inferior, conta com 5 portas e 4 janelas. Para um melhor entendimento, as portas e janelas foram nomeadas e numeradas da esquerda para a direita. Assim, a janela da esquerda foi chamada de SJ1 por pertencer à Fachada Sul (S), por tratar-se de uma janela (J) e ser a primeira da esquerda para a direita (1). Seguindo este raciocínio, a primeira porta da esquerda pra direita é chamada de SP1 e assim, sucessivamente, as outras portas e janelas foram nomeadas (Fig. 13).

Devido às dificuldades e restrições em coletar amostras de rocha de monumentos históricos, foram coletadas apenas quatro amostras de rocha em quatro pontos da FSP localizadas nas portas SP2 e SP4 e nas janelas SJ3 e SJ4, como pode ser observado na planta da fachada na Figura 14.

Com a finalidade de organizar as medições, além da nomenclatura das portas e janelas, foi criada uma nomenclatura também para as rochas que as emolduram, em que os corpos de rochas foram nomeados de acordo com a sua posição. Nas portas foram encontrados basicamente sete corpos rochosos e, nas janelas, seis corpos rochosos. Eles foram nomeados no sentido horário e de baixo para cima com números e as suas subdivisões com letras. Dessa forma, o corpo localizado à esquerda na parte inferior de uma das portas foi chamado de corpo 1 A (C1A) - por ter apenas 1 componente; o corpo acima dele foi subdividido nos corpos 2 A (C2A), 2 B (C2B) e 2 C (C2C) e, assim, sequencialmente, foram nomeados os corpos rochosos até o corpo 7A (C7A) (Fig. 15).



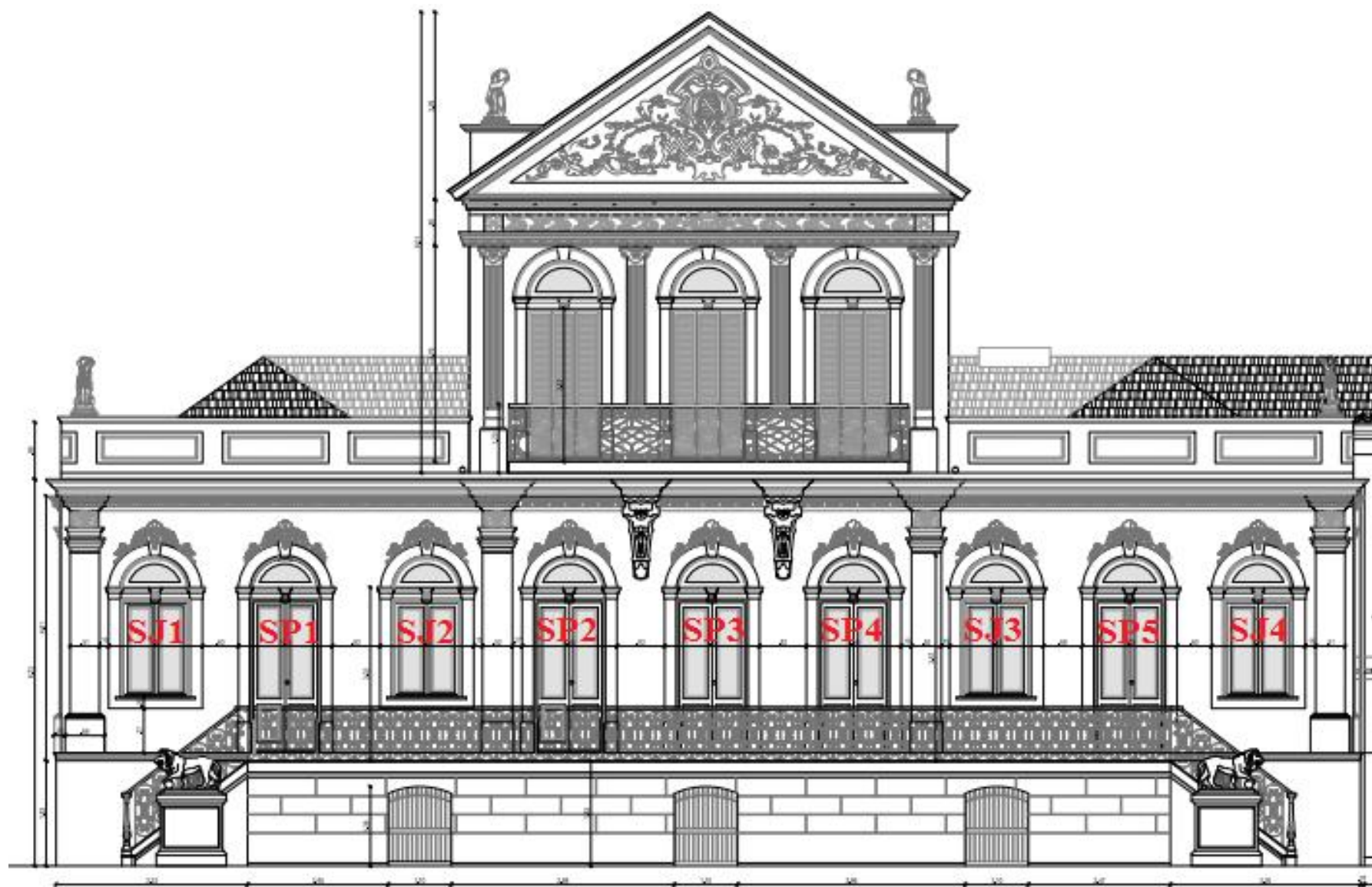


Figura 13: Planta da fachada sul principal com as suas portas e janelas nomeadas. Fonte: modificado de NPArq (2015).

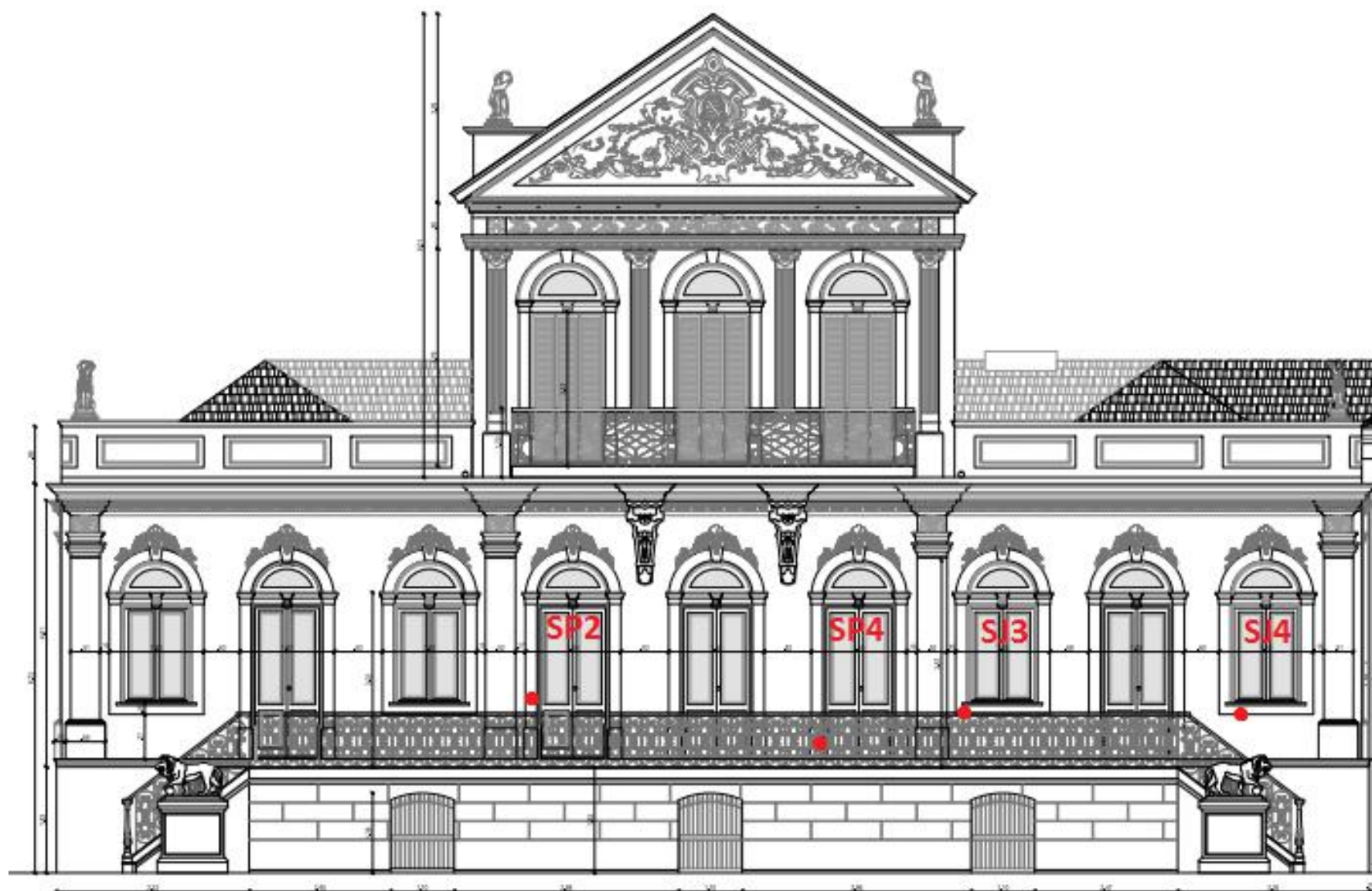


Figura 14: Fachada sul principal com pontos de coleta das amostras de rocha. Fonte: modificado de NPArq (2015).

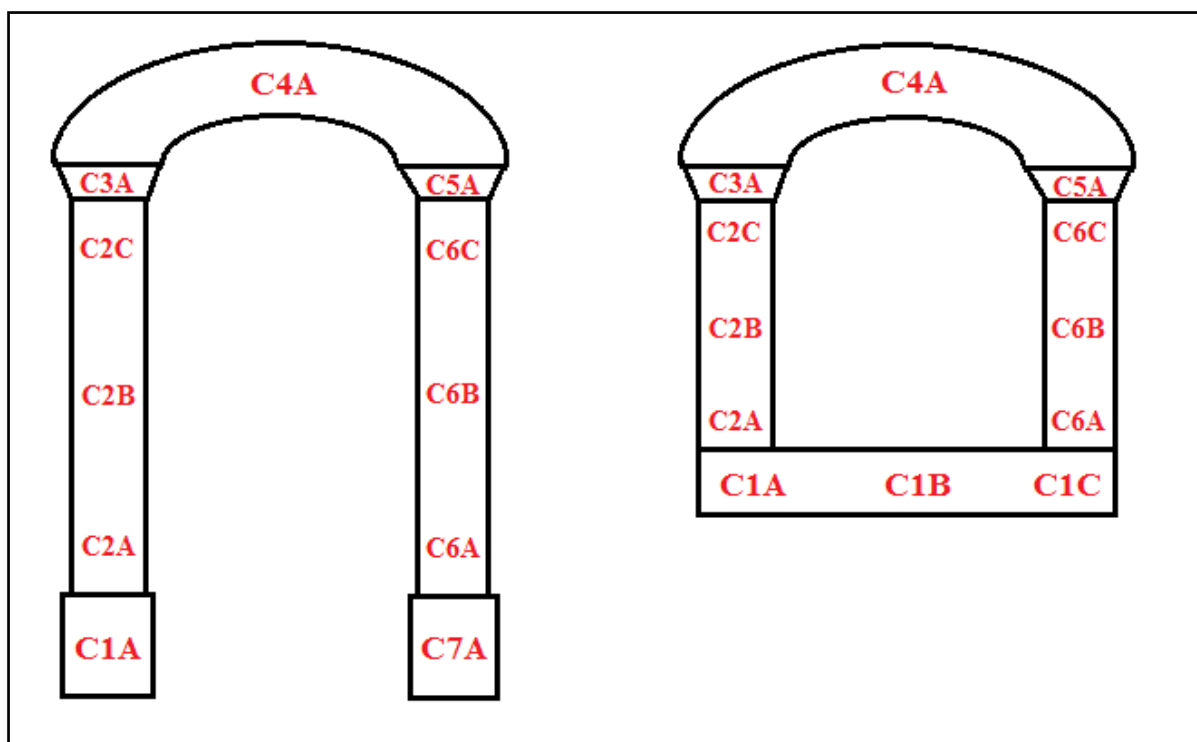


Figura 15: Modelo das molduras das portas e janelas do Museu Casa de Rui Barbosa com seus blocos de rocha e suas subdivisões nomeadas.

## 5.1 Análises *in situ*

As análises *in situ* são medições feitas no local de estudo e que, no presente caso, foram realizadas por meio de métodos não destrutivos. Dentre elas estão: a caracterização litológica e das morfologias de alteração, o ensaio de dureza, a determinação da cor e brilho e a caracterização química, por meio do aparelho de FRX portátil, das rochas que emolduram as portas e janelas da fachada sul principal do Museu Casa de Rui Barbosa.

### 5.1.1 Caracterização Litológica e das Morfologias de Alteração

É de suma importância a identificação do tipo de rocha analisado e das morfologias de alterações que o acometem para o reconhecimento dos minerais componentes e a compreensão do seu estado de deterioração. Para tanto, foram realizadas diversas visitas de campo ao Museu Casa de Rui Barbosa de posse de instrumentos de medição e anotação tais como lupa, ímã, canivete e caderneta de

campo para a observação e caracterização das rochas ornamentais das portas e janelas da fachada sul principal.

### 5.1.2 Dureza

O ensaio de dureza é bastante empregado nos ensaios de caracterização dos materiais em geral por ser um teste de fácil e rápida realização e porque a dureza se relaciona diretamente à resistência mecânica dos materiais. Além disso, a sua medição demanda regiões amostradas relativamente pequenas e normalmente se trata de um método não-destrutivo, podendo ser realizado *in situ*. Para a medição da dureza existem 3 métodos: risco, penetração e rebote. Sendo que cada uma dessas formas de medição de dureza possui características particulares e, portanto, são empregáveis para situações e materiais específicos. No caso de superfícies duras, como a de rochas, o método utilizado é o dinâmico ou de rebote (MORAIS *et al.*, 2012).

No que concerne ao ensaio de dureza por rebote, as medições mais comuns são a dureza *Shore* e a *Leeb*. O princípio de dureza de *Leeb* foi inventado pela empresa suíça Proceq e se baseia no método de rebote no qual um corpo de impacto é impelido pela força de uma mola contra a superfície da peça em teste. A deformação da superfície ocorre quando o corpo de impacto reage com a superfície de teste resultando em perda de energia cinética, detectada pelo aparelho por meio da comparação das velocidades de impacto e de rebote quando o corpo de impacto se encontra numa distância precisa da superfície para a fase de impacto e de rebote (PROCEQ, 2016a). Além disso, uma vez que a dureza *Leeb* é definida pela razão entre as velocidades de rebote e de impacto, o nivelamento tem pouca influência nos resultados obtidos, consistindo, portanto, em um ensaio de simples aplicação (MORAIS *et al.*, 2012).

O durômetro utilizado para as medições de dureza na Fachada Principal Sul foi o *Equotip 550 Leeb* da marca *Proceq* (Fig. 16) em ensaio realizado *in situ*. Este equipamento é padronizado de acordo com o ASTM A 956, faz conversões automáticas para todas as escalas de dureza comuns (HV, HB, HRC, HRB, HRA, HS, Rm), conforme exigido, e possui alta precisão com correção automática para as direções de impacto (PROCEQ, 2016b).





Figura 16: Equipamento usado para medição da dureza - *Equotip 550 Leeb* da marca *Proceq*.  
 Fonte: <http://www.proceq.com/nondestructivetestequipment/metal-testing/hardness-testing/equotip-550-leeb.html> (acessado em 18 de maio de 2016).

Para uma análise mais representativa, foram realizadas seis medições de dureza em cada área demarcada, em pontos distintos aleatórios, cuja média é calculada automaticamente pelo próprio aparelho *Equotip 550 Leeb* (Fig.17).



Figura 17: Medição realizada *in situ* com o equipamento de dureza *Equotip 550 Leeb*

### 5.1.3 Determinação de Cor e Brilho

A cor e o brilho influenciam diretamente na aparência geral de um material. Para a descrição das cores a partir de fórmulas, foi criado um modelo matemático chamado de espaço de cor. Dentre os espaços de cor mais importantes está o CIE-Lab, desenvolvido pela Comissão Internacional em Iluminação, que chega o mais próximo possível de reproduzir as cores existentes no espectro visível. Ele trabalha com três eixos diferentes: o eixo *L* fornece as informações da luminosidade e varia de 0 (preto) a 100 (branco), enquanto os eixos *a* e *b* fornecem as informações da cor. Os valores positivos do eixo *a* indicam vermelho e os negativos, verde. No eixo *b*, os valores positivos indicam azul e os valores negativos, amarelo, segundo o espaço de cor CIE Lab (Fig. 18) (ANTUNES, 2011).

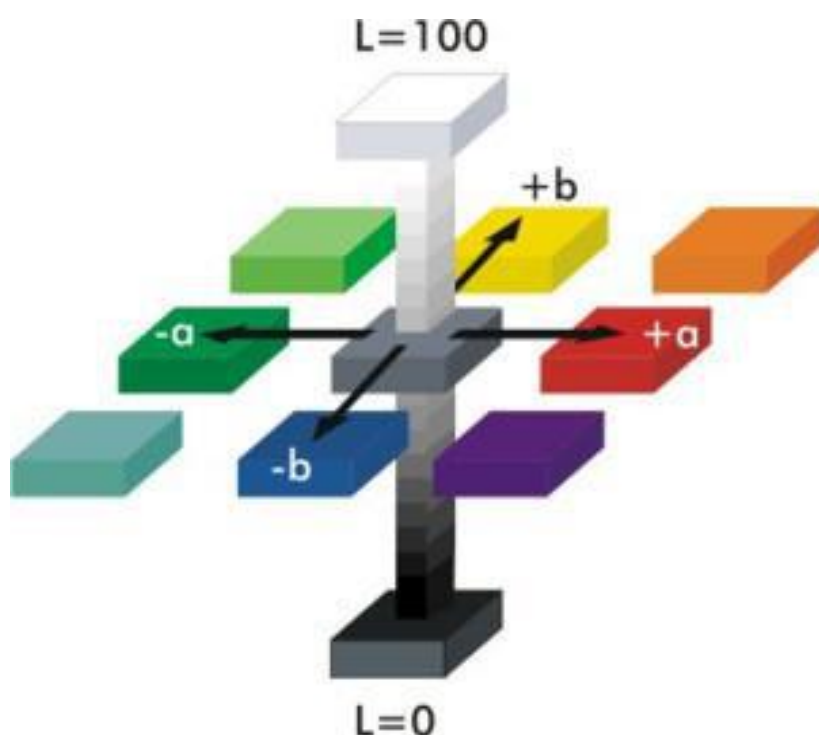


Figura 18: Espaço de cor CIE Lab. Fonte: Saeed et al. (2014) (acessado em 18 de maio de 2016).

O ensaio para a determinação média da coloração das rochas foi feito utilizando o colorímetro *Spectro-Guide Sphere Gloss* da marca BYK, que faz a medição da cor e também do brilho (G) por meio do espaço de cor CIE-Lab (Fig. 19).



**Figura 19: Equipamento utilizado na medição de cor e brilho nas rochas da fachada sul principal - Spectro-Guide Sphere Gloss - BYK. Fonte: <http://www.mastcom.com.br/produtos/cor/cor-solida/> (acessado em 20 de maio de 2016)**

As rochas da fachada sul principal foram analisadas *in situ* para os parâmetros de colorimetria. Para que a análise fosse representativa, foram feitas três leituras de cada área demarcada, em pontos distintos aleatórios nos corpos e subcorpos das rochas em questão.

#### **5.1.4 Caracterização Química: Fluorescência de Raios-X (FRX) Portátil**

O equipamento de FRX portátil realiza uma análise precisa, com alto poder de detecção, e se trata de um método não-destrutivo. A medição pode ser realizada *in situ*, desde laboratórios de campo a museus, sem a necessidade de remover amostras. Deste modo, o transporte de artefatos ou o seu dano, por meio da remoção de amostras para análises em laboratório, pode ser evitado, uma vez que em geral eles são proibidos ou a sua permissão demanda um custo mais alto (PHILLIPS e SPEAKMAN, 2009; POTTS, 2008; apud OGBURN *et al.*, 2013). Portanto, apesar do equipamento portátil não substituir a análise laboratorial de FRX, ele se mostra viável para diversas aplicações em conjunto com outros métodos aplicados.



A análise multi-elementar instrumental por fluorescência de raios X (FRX) se baseia na medição da intensidade dos raios X característicos dos elementos químicos presentes na amostra, quando devidamente excitada, fornecendo assim aqueles que fazem parte da sua composição. No presente trabalho, as análises de FRX foram realizadas tanto *in situ* quanto em laboratório. Na análise *in situ* foi utilizada a ferramenta de FRX portátil *S1 Turbo SD*, da marca *Bruker* (Fig. 20).



**Figura 20: Utilização do equipamento de FRX portátil na janela SJ4**

## **5.2 Análises Laboratoriais**

Foram realizadas as técnicas de fluorescência de raios-X (FRX) e de difração de raios-X (DRX) e, para tanto, foram coletadas amostras de aproximadamente 10 g de rocha de cada ponto amostrado, sendo requeridas 3 g para a análise de FRX e 6 g para a análise de DRX.

### **5.2.1 Caracterização Química: Fluorescência de Raios-X (FRX)**

A técnica de fluorescência de raios-X por dispersão de comprimento de onda determina os elementos químicos presentes nas amostras estudadas. A análise foi



realizada no Laboratório de Análises Químicas e Mineralógicas do CETEM, pela Coordenação de Análises Minerais (COAM), com os teores expressos em porcentagem determinados por meio de análise semi-quantitativa (*standardless*) em espectrômetro por fluorescência de raio-X - (WDS-1), modelo AXIOS (*Panalytical*).

### **5.2.2 Caracterização Mineralógica: Difração de Raios- X (DRX)**

A técnica de difração de raios-X determina os compostos mineralógicos presentes nas amostras. A análise utiliza o espalhamento coerente dos raios X por estruturas organizadas, cristais, permitindo realizar estudos morfológicos em materiais, determinando sua estrutura e sua fração (percentual) cristalina (CANEVAROLO Jr, 2004). Com isso, a técnica fornece os minerais que compõem a amostra. A análise de DRX para o presente trabalho foi feita por meio do equipamento D4 *Endeavor* da *Bruker*, no laboratório de Análises Químicas e Mineralógicas do CETEM, pela Coordenação de Análises Minerais (COAM).

### **5.2.3 Análise de Sais e Sujidades**

A análise de sais e sujidades da água de lavagem foi feita pela espectrofotometria de emissão ótica com plasma induzido (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission*, ICP-OES) e pela cromatografia iônica (CI) no laboratório de Análises Químicas e Mineralógicas do CETEM, pela Coordenação de Análises Minerais (COAM). Estas análises permitem quantificar os elementos (metais, semi-metais e terras raras) em diversos tipos de amostras e baseia-se na detecção da radiação eletromagnética emitida por átomos neutros ou íons excitados nas regiões do espectro eletromagnético visível e ultravioleta.

O princípio fundamental da espectrometria de emissão atômica consiste na propriedade dos átomos emitirem radiação eletromagnética quando submetidos a determinadas condições. Neste caso, a ionização dos elementos analisados foi feita pelo plasma indutivo de argônio. Diferentemente da técnica de absorção atômica, o plasma, que pode ter a temperatura variando entre 7000 K e 10000 K, possui energia suficiente para promover a excitação da maioria dos elementos químicos

existentes, possibilitando a quantificação de uma ampla faixa de analitos (YATSUZUKA *et al.*, 2016).

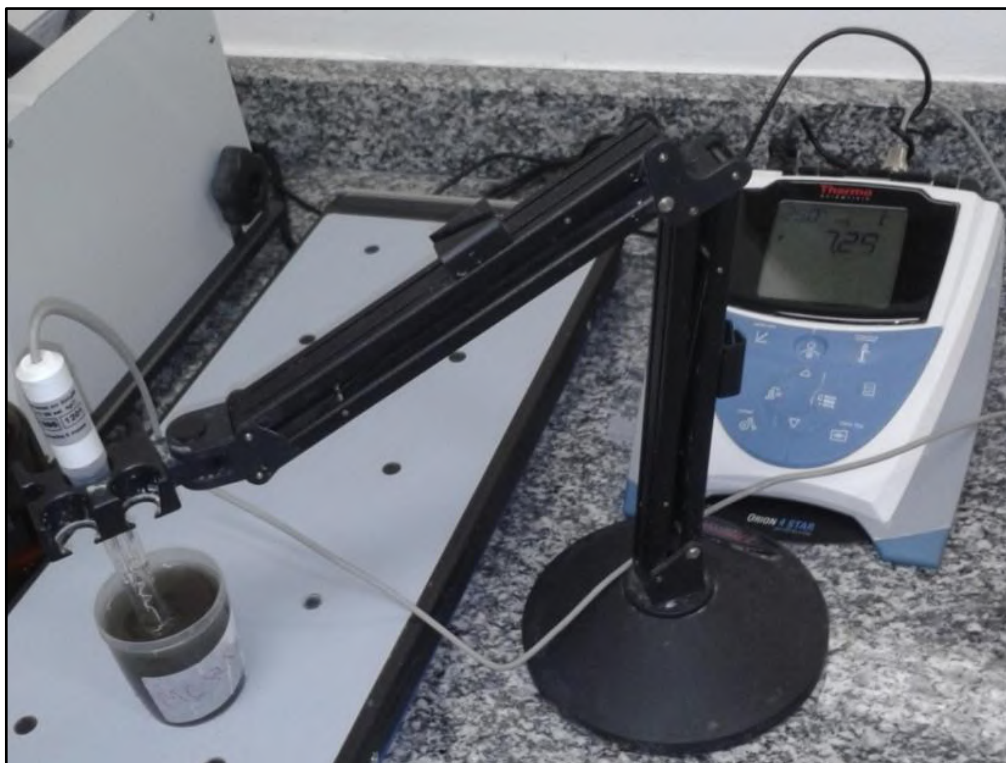
A coleta da água de lavagem proveniente das rochas presentes na fachada principal sul foi realizada com o auxílio de uma escova de cerdas macias, potes coletores de polipropileno estéreis e água deionizada (Fig.21). Para as análises, foram coletadas águas de lavagem de superfícies contendo traços de degradação como mancha gordurosa e sujeidade negra, além de pontos sem aparente alteração, para uma análise mais representativa do estado de degradação das rochas.



Figura 21: Coleta da água de lavagem. Fonte: Ribeiro *et al.* (2016).

#### 5.2.4 Análise de pH

A determinação do pH das amostras consiste em uma análise de grande importância no contexto da química da água. A análise de pH foi realizada utilizando o pHmetro digital da marca *Thermo Scientific*, modelo *Orion 4-Star* (Fig. 22), que consiste em um eletrodo acoplado a um aparelho que mede a diferença de potencial (potenciômetro).



**Figura 22: Equipamento usado para análise de pH - pHmetro Thermo Scientific- Orion 4-Star.**  
**Fonte: Ribeiro *et al.* (2012).**

Como foi dito anteriormente, as águas de lavagem coletadas nos potes de polipropileno foram utilizadas para ambas as análises: análise de sais e sujidades e medições de pH. No processo da análise de pH, foram realizadas duas medições: a primeira com a água parada e a segunda com a água misturada (partículas em suspensão) e posteriormente retirada a média dos dois valores. Estas medições foram feitas em cada um dos potes contendo as águas de lavagem coletadas em campo para a determinação da acidez/alcalinidade das rochas da fachada sul principal.

## 6. Resultados e Discussões

### 6.1 Análises in situ

#### 6.1.1 Caracterização Litológica e das Morfologias de Alteração

Nas portas e janelas do Museu Casa de Rui Barbosa foram usados como rochas de cantaria: o gnaissé facoidal e o leptinito, rochas extraídas de antigas pedreiras localizadas na Zona Sul da cidade no entorno do museu-casa (Fig. 23). Na fachada sul principal, todas as molduras das portas e janelas são feitas de leptinito e as escadas frontais feitas de mármore Carrara. Já nas demais fachadas, escadas, meio-fios e calçamento, predomina o gnaissé facoidal.

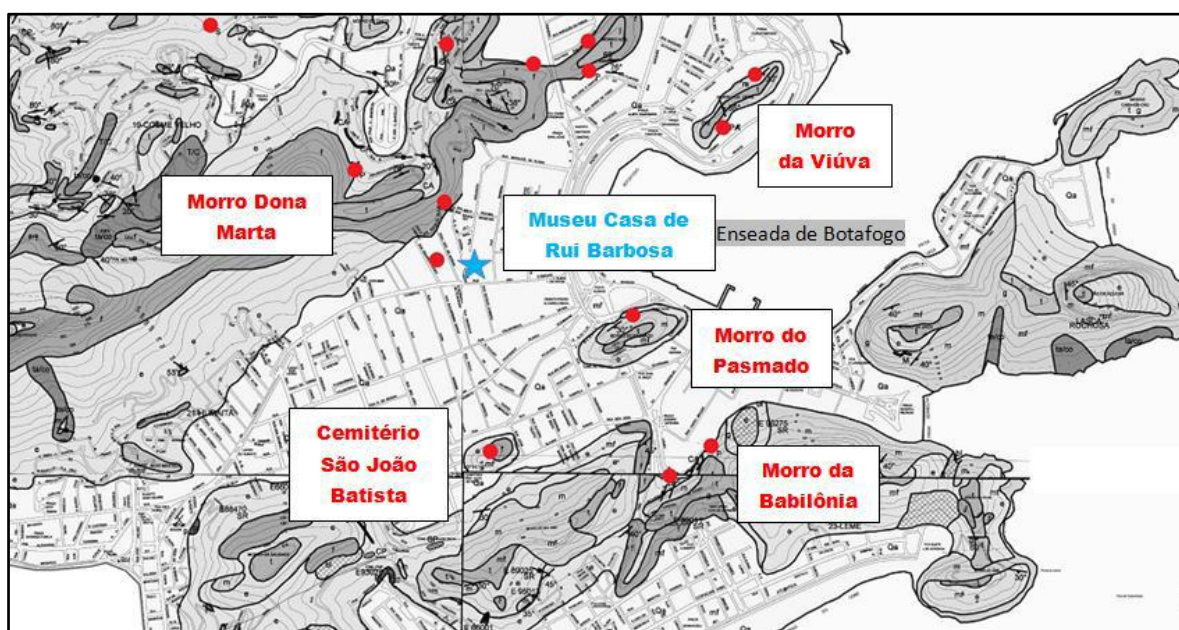


Figura 23: Localização das frentes desativadas de pedreiras na região da Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro. Fonte: modificada de Almeida e Porto Jr. (2012).

A rocha chamada de leptinito ou gnaissé leptinitico foi identificada como um granada biotita gnaissé, uma rocha metamórfica de coloração clara e granulometria fina. Em termos composicionais, o leptinito da Casa de Rui é formado essencialmente por quartzo e feldspato, com biotita em pequena quantidade marcando a foliação, além de pequenos cristais de granada dispersos em grande quantidade ao longo da rocha (Fig. 24). Há ainda ocorrências de veios de composição granítica ricos em mica branca cortando a rocha em alguns pontos (Fig. 25).





**Figura 24: Detalhe de leptinito na moldura de uma das janelas do Museu Casa de Rui Barbosa.**



**Figura 25: Veio de composição granítica rico em mica.**

Na fachada sul principal o leptinito se encontra em franco estado de degradação apresentando variados graus e tipos de alteração a depender do local.

Para determinar as morfologias de alteração presentes, foram feitas análises in situ de modo a caracterizar estas rochas. Levando em conta a nomenclatura segundo o glossário ICOMOS, foram encontradas as seguintes feições: fendas, fragmentações, alterações cromáticas e sujidades, além de modificações de elementos da fachada.

Fendas são fissuras individuais, claramente visíveis a olho nu, que resultam na separação de uma pedra em duas partes. Quando a rachadura divide a rocha por completo, ela se chama fratura (ICOMOS, 2008) (Figs. 26 e 27).

As fendas encontradas foram geradas pelo modo como a rocha foi extraída, durante o seu transporte até o local, durante a sua colocação ou ainda por fatores que agiram na rocha posteriormente, independentes ou em conjunto, como, por exemplo, intemperismo, impacto mecânico, falhas prévias na pedra, vibrações causadas pela passagem de veículos, intensa exposição aos raios solares, etc (Fig. 26).



**Figura 26: Fissuras em arco de porta.**

No caso da fratura mostrada na Figura 27, sua ocorrência foi devida, provavelmente, a uma rachadura na estrutura de sustentação da rocha, no caso a parede, levando a rocha a se partir do mesmo modo, seguindo a mesma direção.





**Figura 27: Fratura na base de uma janela.**

A fragmentação de uma rocha refere-se a sua quebra em partes com dimensões variáveis que possuem forma, espessura e volume irregulares. O lascamento, ou *chipping*, é um tipo de fragmentação que consiste no rompimento de lascas das bordas das rochas (ICOMOS, 2008). Os lascamentos em geral ocorrem devido à sobrecarga dos blocos de rocha, sendo que as partes superiores e inferiores dos blocos ou colunas estão mais propensas a sofrer este tipo de dano como pode ser observado nas fotografias apresentadas na Figura 28.



**Figura 28: Exemplos de perda de massa por meio de lascamentos nas bordas dos blocos de rocha de portas e janelas.**

As sujidades encontradas se localizam nos arcos das portas e janelas e na base dos acabamentos laterais das portas, como pode ser visto nas Figuras 29 e 30, respectivamente. Elas consistem em depósitos de uma camada bem fina de partículas exógenas (por exemplo, fuligem) que conferem uma aparência suja à rocha. As sujidades podem ser oriundas de poluentes atmosféricos (industriais, domésticos e de escapamentos veiculares) ou ainda por partículas transportadas por águas correntes ou aquecimento por convecção (ICOMOS, 2008).





**Figura 29: Sujidades no arco de uma porta.**



**Figura 30: Sujidades na parte inferior da moldura da porta.**

Quanto às alterações cromáticas presentes nas rochas das portas e janelas da fachada sul principal, elas ocorrem na forma de manchas alaranjadas e manchas com aspecto gorduroso.

As manchas alaranjadas são provavelmente devido à corrosão de metais próximos ao local, como o ferro de dobradiças, maçanetas ou outros objetos quaisquer que ao oxidarem, mancharam a rocha (Fig. 31).



**Figura 31: Mancha alaranjada na parte inferior do acabamento de uma porta**

As manchas com aspecto gorduroso aparecem com diferentes intensidades nas rochas (Fig. 32). Estas manchas possivelmente ocorreram devido à incrustação de material oleoso, como óleos provenientes de lamparinas ou outras fontes de luz semelhantes ou podem ainda ter ocorrido por causas naturais como por exemplo a ação microbiológica através de fungos e bactérias.





**Figura 32: Manchas com aspecto gorduroso.**

Podem ser observadas ainda diferentes modificações de elementos da fachada apresentadas na Figura 33. Estas modificações resultam diretamente de intervenções antrópicas por meio da retirada de adornos da casa como sinos de parede ou luminárias, mostrados nas Figuras 33a e 33b, respectivamente, ou ainda devido à colagem de peças exóticas para cobrir lacunas deixadas por estruturas que colapsaram ou que foram retiradas, Figuras 33c e 33d, respectivamente.

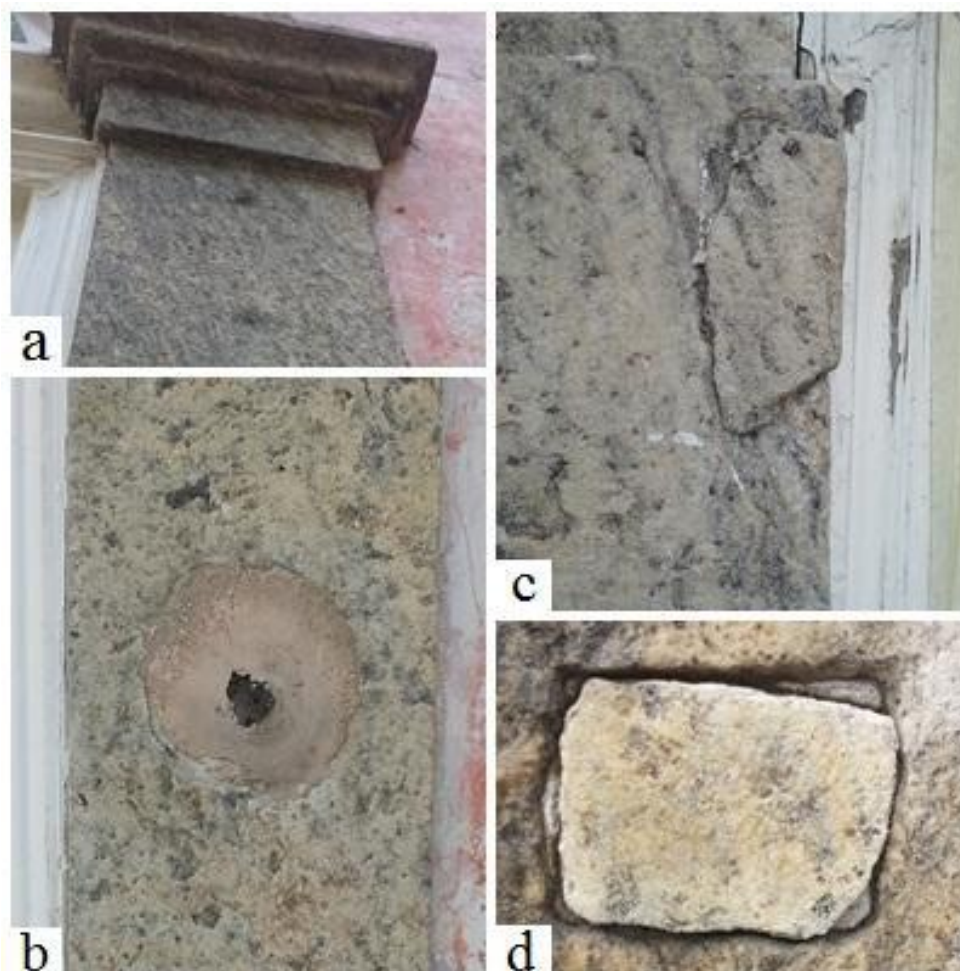


Figura 33: Exemplos de modificação de elementos da fachada. a) e b) Marcas de remoção de elementos da fachada; c) e d) Colagem de peças exóticas.

### 6.1.2 Dureza

Os dados referentes às médias dos valores de dureza (em HDL) adquiridos pelo durômetro *Equotip 550 Leeb* estão reportados nas Tabelas 1 e 2 e são referentes às janelas e portas da fachada sul principal de oeste para leste, da janela SJ1 à janela SJ4 e da porta SP1 à porta SP5.

Os valores de dureza de um leptinito não alterado (rocha sã), segundo MOURA *et al.* (2016), ficam em torno de 779HLD. Portanto, os dados de dureza do leptinito medidos, apresentados nas Tabelas 1 e 2, apresentaram grande discrepância em relação ao valor-base comumente encontrado na literatura, reiterando a degradação observada nas rochas de uma maneira geral.

Os valores medidos nas janelas apresentaram valores que variaram de 245 a 508HDL. Já nas portas, os valores obtidos foram mais altos que os valores das

janelas, com variação entre 401 e 632HDL, ainda que estes também estejam abaixo do valor-padrão. Essa diferença de valores provavelmente se deve ao fato de que as rochas de cantaria das portas estão apoiadas no chão, o que confere às mesmas uma maior sustentação.

Além disso, observa-se uma relação entre os valores mais baixos de dureza e as áreas mais baixas e cantos das molduras, enquanto os valores mais altos de dureza se localizam nas áreas mais altas e no meio das estruturas rochosas.

**Tabela 1: Dados de dureza (em HDL) das janelas da fachada sul principal.**

Local Amostra	SJ1	SJ2	SJ3	SJ4
C1A	386	328	344	398
C1B	440	434	396	382
C1C	522	414	380	322
C2A	-	358	370	<b>245</b>
C2B	-	471	408	291
C6A	486	450	461	-
C6B	<b>508</b>	434	502	-

\*Os valores não obtidos foram devidos à impossibilidade de alcance das respectivas áreas.

**Tabela 2: Dados de dureza (HDL) das portas da Fachada Principal Sul.**

Local Amostra	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
C1A	591	401	469	421	610
C2A	542	<b>400</b>	514	512	580
C2B	489	528	520	587	612
C6A	<b>632</b>	550	494	422	606
C6B	505	499	518	547	576
C7A	501	483	430	427	606

### 6.1.3 Determinação de Cor e Brilho

Os dados referentes aos valores de cor e brilho das rochas da fachada sul principal da Casa de Rui Barbosa, adquiridos pelo colorímetro *Spectro-Guide Sphere Gloss* da BYK, estão reportados nas Tabelas 4 a 12 de distribuição colorimétrica e de brilho dessas rochas. A ordem segue a seqüência das posições das janelas e portas da fachada, da esquerda para a direita, da janela SJ1 passando pelas portas e outras janelas até a janela SJ4.

Para fins de comparação, foi criada uma tabela com os valores de cor e brilho de um leptinito não alterado, cujo ensaio foi realizado no laboratório do CETEM com o mesmo equipamento utilizado no trabalho de campo realizado na Casa de Rui Barbosa (Tab.3). Na Tabela 3, estão os valores medidos em uma das faces, escolhidas aleatoriamente, de 9 cubos diferentes de um leptinito inalterado (rocha sã). Com os valores obtidos, foi possível fazer uma estimativa da cor das amostras, geradas por meio do site do *Colormine* no *E-calculator-CIE-Lab\**.

Primeiramente observa-se que o brilho das amostras (G), de uma maneira geral, reduziu. Nas janelas, o brilho assumiu valores mais baixos do que nas portas, em particular nas janelas laterais. Essa opacidade indica um certo grau de degradação generalizada dessas rochas, sendo que os danos foram maiores nas extremidades, que são mais desprotegidas aos fatores intempéricos.

Na análise colorimétrica observam-se mudanças significativas nas cores das rochas. Comumente a rocha sã apresenta colocação variável entre o cinza, o verde e em menor escala o rosado, a depender do mineral predominante localmente, qual seja o quartzo, o feldspato, a biotita ou a granada, ou suas mais variadas combinações. Já nas rochas da fachada sul principal foram obtidos tons bem diversos daqueles que teriam uma rocha sã.

A partir da observação dos valores concernentes ao parâmetro  $L^*$  (luminosidade), nota-se a rocha apresenta grande discrepância em comparação aos valores de luminosidade obtidos na rocha inalterada. O parâmetro  $L^*$  que fica normalmente acima de 70,00 na rocha inalterada, fica abaixo deste valor para todas as amostras da Casa de Rui, ainda que continue localizado na parte clara do eixo  $L^*$ , acima de 50,00. Não foram observadas variações significativas entre os valores de luminosidade das janelas e portas da Casa de Rui, indicando que a degradação










atingiu as rochas de uma forma mais homogênea no que concerne ao parâmetro luminosidade.



Com relação ao parâmetro  $a^*$ , na rocha inalterada prevalecem os valores negativos (região verde), enquanto nas rochas da Casa de Rui prevalecem os valores positivos (região vermelha).

Já em relação ao parâmetro  $b^*$ , tanto na rocha não alterada quanto nas rochas da Casa de Rui, os valores se mantiveram na parte positiva (região amarela), sendo que as rochas da Casa de Rui apresentaram apenas um aumento em relação aos valores-base.






Portanto, é possível concluir que houve uma mudança de quadrante das cores das rochas da fachada sul principal da Casa de Rui Barbosa, já que a rocha sã se localiza no quadrante verde-claro e as rochas da Casa de Rui se localizam no quadrante laranja. Este fato pode ser constatado pela análise das cores dispostas nas tabelas, demonstrando assim, sinais claros de alteração das rochas estudadas na Casa de Rui devido à degradação das mesmas.

**Tabela 3: Distribuição colorimétrica e de brilho de um leptinito inalterado.**







Amostras	$L^*$	$a^*$	$b^*$	G	Cor correspondente
A	71,70	-0,32	2,33	1,2	 CIE- $L^*ab$
B	66,90	0,79	11,30	1,1	 CIE- $L^*ab$
C	70,28	-2,21	6,23	1,2	 CIE- $L^*ab$
D	71,17	-1,98	6,51	1,3	 CIE- $L^*ab$
E	71,57	4,20	10,29	1,4	 CIE- $L^*ab$
F	69,18	-12,92	27,29	1,2	 CIE- $L^*ab$
G	75,61	0,28	6,04	1,3	 CIE- $L^*ab$



H	74,51	-14,03	28,44	1,4	 CIE-L*a*b
I	72,06	-15,09	25,10	1,1	 CIE-L*a*b

**Tabela 4: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da janela SJ1.**









Amostra	Ponto	L*	a*	b*	G	Cor correspondente <sup>1</sup>
SJ1	C1A	67,62	2,46	14,29	0,90	 CIE-L*a*b
	C1B	56,30	3,76	15,46	0,50	 CIE-L*a*b
	C1C	65,29	2,00	13,39	0,90	 CIE-L*a*b
	C6A	53,83	2,81	13,22	0,30	 CIE-L*a*b
	C6B	59,50	2,80	14,78	0,60	 CIE-L*a*b

**Tabela 5: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP1.**





Amostra	Ponto	L*	a*	b*	G	Cor correspondente <sup>1</sup>
SP1	C1A	65,13	2,52	15,35	1,10	 CIE-L*a*b
	C2A	61,12	5,06	17,2	0,60	 CIE-L*a*b
	C2B	52,52	3,76	10,3	0,40	 CIE-L*a*b
	C2C	60,33	1,91	10,53	0,70	 CIE-L*a*b
	C6A	75,92	1,72	11,76	1,20	 CIE-L*a*b
	C6B	70,05	1,27	10,91	1,20	 CIE-L*a*b



	<b>C6C</b>	72,14	1,27	9,87	0,90	 CIE-L*a*b
	<b>C7A</b>	72,92	2,71	15,57	1,40	 CIE-L*a*b

**Tabela 6: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da janela SJ2.**









Amostra	Ponto	L*	a*	b*	G	Cor correspondente <sup>1</sup>
<b>SJ2</b>	<b>C1A</b>	70,06	2,10	11,71	0,87	 CIE-L*a*b
	<b>C1B</b>	62,89	1,46	8,06	0,80	 CIE-L*a*b
	<b>C2A</b>	65,22	3,55	17,78	0,87	 CIE-L*a*b
	<b>C2B</b>	60,19	2,28	12,17	0,73	 CIE-L*a*b
	<b>C2C</b>	66,22	2,12	12,60	0,70	 CIE-L*a*b
	<b>C6A</b>	57,53	2,27	11,68	0,50	 CIE-L*a*b
	<b>C6B</b>	53,93	3,36	13,92	0,47	 CIE-L*a*b
	<b>C6C</b>	56,46	2,76	12,70	0,40	 CIE-L*a*b

**Tabela 7: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP2**



Amostra	Ponto	L*	a*	b*	G	Cor correspondente <sup>1</sup>
<b>SP2</b>	<b>C1A</b>	53,98	2,62	12,54	0,67	 CIE-L*a*b
	<b>C2A</b>	55,42	2,89	14,80	0,60	 CIE-L*a*b
	<b>C2B</b>	60,66	4,01	19,24	0,70	 CIE-L*a*b
	<b>C2C</b>	59,24	2,60	14,66	0,60	 CIE-L*a*b







	<b>C6A</b>	55,39	2,47	14,14	3,47	 CIE-L*ab
	<b>C6B</b>	65,98	2,25	15,06	0,80	 CIE-L*ab
	<b>C6C</b>	63,13	1,53	13,67	0,80	 CIE-L*ab
	<b>C7A</b>	58,35	2,52	13,71	0,77	 CIE-L*ab

**Tabela 8: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP3**










<b>Amostra</b>	<b>Ponto</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>G</b>	<b>Cor correspondente<sup>1</sup></b>
<b>SP3</b>	<b>C1A</b>	58,66	2,31	12,60	0,83	 CIE-L*ab
	<b>C2A</b>	62,46	2,06	13,82	2,47	 CIE-L*ab
	<b>C2B</b>	62,72	3,13	18,17	0,80	 CIE-L*ab
	<b>C2C</b>	60,88	1,17	10,48	0,60	 CIE-L*ab
	<b>C6A</b>	63,33	2,91	11,86	3,83	 CIE-L*ab
	<b>C6B</b>	56,38	1,71	13,56	0,77	 CIE-L*ab
	<b>C6C</b>	67,94	1,38	11,88	0,90	 CIE-L*ab
	<b>C7A</b>	54,96	0,93	7,38	0,47	 CIE-L*ab

**Tabela 9: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP4.**









<b>Amostra</b>	<b>Ponto</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>G</b>	<b>Cor correspondente<sup>1</sup></b>
<b>SP4</b>	<b>C1A</b>	58,37	2,27	12,91	0,70	 CIE-L*ab
	<b>C2A</b>	61,17	2,29	12,56	0,73	 CIE-L*ab

	<b>C2B</b>	62,78	1,54	12,16	0,83	 CIE-L*ab
	<b>C2C</b>	64,71	2,27	14,71	0,80	 CIE-L*ab
	<b>C6A</b>	54,47	2,77	14,94	0,70	 CIE-L*ab
	<b>C6B</b>	64,62	2,72	14,63	0,80	 CIE-L*ab
	<b>C6C</b>	64,84	1,97	12,77	0,70	 CIE-L*ab
	<b>C7A</b>	52,82	2,57	12,57	0,43	 CIE-L*ab






**Tabela 10: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da janela SJ3.**

<b>Amostra</b>	<b>Ponto</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>G</b>	<b>Cor correspondente<sup>1</sup></b>
<b>SJ3</b>	<b>C1A</b>	61,33	1,29	9,39	0,50	 CIE-L*ab
	<b>C1B</b>	56,79	1,82	12,01	0,57	 CIE-L*ab
	<b>C1C</b>	62,72	1,43	11,14	0,8	 CIE-L*ab
	<b>C2A</b>	61,26	2,67	13,76	0,63	 CIE-L*ab
	<b>C2B</b>	56,17	2,59	12,66	0,47	 CIE-L*ab
	<b>C2C</b>	56,42	4,25	15,07	0,50	 CIE-L*ab
	<b>C6A</b>	59,99	1,15	15,37	0,70	 CIE-L*ab
	<b>C6B</b>	60,77	1,35	16,39	0,70	 CIE-L*ab
	<b>C6C</b>	68,31	1,47	12,49	1,00	 CIE-L*ab

**Tabela 11: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da porta SP5.**

Amostra	Ponto	L*	a*	b*	G	Cor correspondente <sup>1</sup>
SP5	C1A	65,87	1,88	11,72	0,87	 CIE-L*ab
	C2A	71,50	2,34	13,34	1,13	 CIE-L*ab
	C2B	70,93	2,57	14,29	1,17	 CIE-L*ab
	C2C	72,75	2,26	16,06	1,20	 CIE-L*ab
	C6A	63,56	2,71	15,43	0,77	 CIE-L*ab
	C6B	68,01	2,10	13,10	0,97	 CIE-L*ab
	C6C	71,02	1,81	12,62	1,10	 CIE-L*ab
	C7A	60,88	1,52	11,21	0,93	 CIE-L*ab

**Tabela 12: Distribuição colorimétrica e de brilho das rochas da janela SJ4.**

Amostra	Ponto	L*	a*	b*	G	Cor correspondente <sup>1</sup>
SJ4	C1A	66,11	2,41	14,96	0,70	 CIE-L*ab
	C1B	69,94	2,42	15,40	0,70	 CIE-L*ab
	C1C	59,28	2,75	17,38	0,40	 CIE-L*ab
	C2A	49,68	2,07	10,59	0,30	 CIE-L*ab
	C2B	65,75	3,43	14,19	0,50	 CIE-L*ab

<sup>1</sup>Pode ocorrer leve alteração de tonalidade durante a impressão deste relatório. A cor correspondente é reportada conforme o *Delta-E Calculator CIE-L\*ab*. Disponível em: <<http://colormine.org/delta-e-calculator/>>. Acesso em: 15 de junho de 2016.



#### 6.1.4 Caracterização Química: Fluorescência de Raios-X (FRX) Portátil

Os resultados da análise química feita *in situ* pelo instrumento de FRX portátil *S1 Turbo SD*, da *Bruker*, nas rochas da moldura das portas e janelas da fachada sul principal estão apresentados nas Tabelas de 13 a 21, na ordem em que se localizam de oeste para leste, da janela SJ1 até a janela SJ4.

Nas tabelas a seguir foram colocadas apenas as porcentagens dos elementos presentes em todas as medições realizadas, ou seja, aqueles elementos comuns a todas as áreas medidas. Porém, além desses elementos, foram detectados traços de vanádio, cromo, manganês, cobalto, níquel, cobre, zinco, zircônio, nióbio, molibdênio, estanho e chumbo de maneira esparsa em alguns dos pontos medidos, nenhum deles ultrapassando a porcentagem de 2% individualmente. Estes elementos foram remetidos a materiais desprendidos das argamassas e tintas utilizadas na fachada, uma vez que eles não são habituais no leptinito.

A medição feita pelo equipamento de FRX portátil fornece análises pontuais. Tendo isto em vista, determinados minerais foram mirados pelo instrumento para análise, levando em consideração a mineralogia visível da rocha a fim de verificá-la.

A partir das porcentagens obtidas nesta análise química, pôde-se confirmar uma composição típica de um leptinito, que contém primordialmente silicatos de alumínio, alguns deles ricos em ferro. Isto corrobora as observações feitas por meio de visitas de campo acerca da mineralogia da rocha, que consiste basicamente em feldspato, quartzo, biotita e granada.

Os valores de alumínio variam de 5,68%, em um cristal de quartzo, a 21,60%, em um cristal de biotita. Os valores de silício variam de 30,90%, em um cristal de granada, a 92,30%, em um cristal de quartzo. Os valores de ferro atingem 50,70% em um cristal de granada. E os valores de Ti variam de 0,14% a 3,76% de forma aleatória nos minerais da rocha, remetendo possivelmente à biotita e/ou às sujidades incrustadas na superfície da rocha.

**Tabela 13: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Janela SJ1.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
SJ1	C1A	15,70	79,20	1,02	3,39	0,72
	C1B	12,10	61,20	0,44	23,30	2,96
	C1C	14,60	73,60	0,89	10,20	0,78

	C2A	11,70	86,40	0,37	1,22	0,35
	C2B	16,40	81,50	0,35	1,05	0,62
	C6A	16,00	70,40	0,97	11,50	0,97
	C6B	16,40	81,50	0,35	2,05	0,68

**Tabela 14: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP1.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
<b>SP1</b>	C1A	20,30	77,20	0,63	1,39	0,45
	C2A	17,90	62,50	0,34	17,90	1,37
	C2B	14,00	84,10	0,54	1,08	0,21
	C6A	15,14	83,70	0,23	0,39	0,23
	C6B	12,30	77,00	0,43	9,39	0,76
	C7A	16,60	82,10	0,31	0,63	0,28

**Tabela 15: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Janela SJ2.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
<b>SJ2</b>	C1A	21,20	78,00	0,16	0,38	0,27
	C1B	11,10	87,80	0,51	0,47	0,03
	C1C	19,80	72,90	1,21	4,13	1,92
	C2A	18,70	78,60	0,14	2,13	0,25
	C2B	12,60	79,50	0,89	5,93	1,02
	C6A	10,60	81,60	3,76	2,55	1,50
	C6B	15,00	66,60	2,41	10,30	5,72

**Tabela 16: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP2.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
<b>SP2</b>	C1A	20,50	61,80	1,63	14,60	1,53
	C2A	21,30	76,80	0,49	0,55	0,91
	C2B	20,90	77,40	0,63	0,47	0,53
	C6A	18,20	79,90	0,46	1,23	0,18
	C6B	15,50	79,90	0,85	3,29	0,67
	C7A	14,90	58,80	1,56	22,70	2,08

**Tabela 17: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP3.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
<b>SP3</b>	C1A	12,80	80,40	1,23	4,45	1,05
	C2A	20,50	76,60	0,69	1,50	0,70
	C2B	18,80	72,20	1,35	6,31	1,17
	C6A	15,00	30,90	0,90	50,70	2,42
	C6B	18,00	77,90	0,82	2,06	1,22
	C7A	6,74	84,90	1,38	6,30	0,64

**Tabela 18: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP4.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
<b>SP4</b>	C1A	20,30	77,70	0,75	0,48	0,79
	C2A	21,60	63,30	2,64	11,50	0,94
	C2B	19,30	79,10	0,47	0,55	0,52
	C6A	11,20	87,30	0,22	0,77	0,49
	C6B	14,70	73,30	0,88	9,31	0,88
	C7A	11,70	78,90	1,14	6,99	1,29

**Tabela 19: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Janela SJ3.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
<b>SJ3</b>	C1A	31,30	59,80	2,42	5,80	0,60
	C1B	20,30	75,30	0,87	2,93	0,65
	C1C	18,80	79,40	0,58	0,98	0,27
	C2A	12,80	81,40	0,96	4,09	0,78
	C2B	16,60	75,90	1,38	5,36	2,17
	C6A	8,50	89,00	0,47	1,85	0,23
	C6B	16,90	49,70	2,44	28,60	2,32

**Tabela 20: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Porta SP5.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
<b>SP5</b>	C1A	13,40	57,10	0,98	26,10	0,79
	C2A	15,90	81,60	0,63	1,56	0,18
	C2B	5,68	92,30	0,32	0,86	0,75

	C6A	16,60	58,020	2,82	20,50	0,55
	C6B	16,30	78,10	0,70	4,28	0,34
	C7A	15,70	79,90	0,77	3,21	0,17

**Tabela 21: Dados da análise química (%) - FRX portátil - Janela SJ4.**

Local	Ponto	Al	Si	Ti	Fe	Outros
<b>SJ4</b>	C1A	13,40	57,10	0,98	26,10	2,43
	C1B	11,90	87,30	0,29	0,52	0,17
	C1C	15,90	82,60	0,32	1,43	0,14
	C2A	18,10	75,80	0,98	4,42	0,43
	C2B	14,70	49,00	0,61	33,30	2,02
	C6A	14,90	79,30	0,89	4,41	0,51
	C6B	15,80	73,50	1,13	8,81	0,79

## 6.2 Análises Laboratoriais

### 6.2.1 Caracterização Química: Fluorescência de Raios-X (FRX)

Na Tabela 22 a seguir estão apresentados os resultados da análise química de fragmentos de rocha coletados das portas SP2 e SP4 e das janelas SJ3 e SJ4 da fachada sul principal da Casa de Rui Barbosa.

A presença dos óxidos de sódio, potássio e cálcio juntamente com os altos valores dos óxidos de alumínio e silício, remete à presença dos feldspatos, tanto potássicos ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) como os sódico-cálcicos  $[(\text{Ca},\text{Na})\text{Al}(\text{Al},\text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8]$ , em suas diferentes proporções, com predominância dos álcali-feldspatos como a microclina (rica em potássio) e a albita (rica em sódio). O quartzo fica representado pela presença maciça de  $\text{SiO}_2$ . Os óxidos de potássio, magnésio, ferro e titânio juntamente com os óxidos de alumínio e silício refletem a presença da biotita  $[\text{K}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_{6-4}(\text{Fe}^{3+},\text{Al},\text{Ti})_{0-2}\text{Si}_{6-5}\text{Al}_{2-3}\text{O}_{20}(\text{OH},\text{F})_4]$ . Já os óxidos de ferro, silício e alumínio em conjunto indicam também a presença de granada almandina  $[\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{O}_{12})]$ . Sendo assim, nota-se que os resultados da análise química laboratorial corroboram e complementam aqueles da análise química *in situ*.

**Tabela 22: Análise química (%) das portas SP2 e SP4 e janelas SJ3 e SJ4**

Local	SP2	SP4	SJ3	SJ4
Na <sub>2</sub> O	2,9	3,4	3,5	3,2
MgO	1,50	0,56	0,82	0,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,5	14,0	15,9	15,1
SiO <sub>2</sub>	61,9	73,8	69,9	75,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,00	0,10	0,18	<0,10
SO <sub>3</sub>	<0,10	0,34	0,19	<0,10
K <sub>2</sub> O	6,20	2,60	3,50	4,30
CaO	1,80	2,00	2,00	0,96
TiO <sub>2</sub>	0,57	0,26	0,36	<0,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,90	1,70	2,50	0,51
PPC*	1,30	1,00	0,95	0,52

\*PPC. Perda por calcinação

### 6.2.2 Caracterização Mineralógica: Difração de Raios- X (DRX)

As Figuras 34 a 37 apresentam os difratogramas dos fragmentos de rocha coletados das portas SP2 e SP4 e das janelas SJ3 e SJ4 da fachada sul principal da Casa de Rui Barbosa.

Das quatro amostras coletadas na fachada sul principal, três delas (as amostras retiradas da porta SP2 e das janelas SJ3 e SJ4) apresentaram a mesma composição mineralógica segundo os picos apresentados nos difratogramas: quartzo (SiO<sub>2</sub>), microclina (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), muscovita (K,Na)(Al,Mg,Fe)<sub>2</sub>(Si<sub>3</sub>.Al<sub>0.9</sub>)O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>, albita (Na,Ca)Al(Si,Al)<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, ankerita [Ca<sub>.997</sub>(Mg<sub>.273</sub>Fe<sub>.676</sub>Mn<sub>.054</sub>)(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] e Ba-ortoclásio (K,Ba,Na)(Si,Al)<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. A exceção foi a amostra retirada da porta SP4, cuja composição incluía todos os minerais citados anteriormente, exceto a ankerita.

Tais dados corroboram em grande parte as informações obtidas nas análises químicas *in situ* e laboratorial, assim como aquelas obtidas pelas observações de campo, no que se refere à composição do leptinito, além de acrescentar informações mais precisas sobre os tipos de feldspato presentes na rocha.

Em relação aos filossilicatos encontrados, foi identificada por meio da visita de campo a biotita, mineral presente no leptinito marcando a sua foliação, ainda que em pequena quantidade por se tratar de uma rocha leucocrática. A possível causa desta troca se deve ao fato dos picos da muscovita e da biotita no difratograma serem muito semelhantes, em torno de 10Å, ocasionando esta ambiguidade no momento da interpretação (MOORE, 1993 apud SCAPIN, 2003).

Já a ankerita, identificada pela análise mineralógica, consiste em carbonato de cálcio e magnésio/ferro com ocorrência freqüente em dolomitos, podendo ser encontrada em sedimentos ricos em ferro sob a forma de veios, concreções e grãos, assim como em rochas metamórficas ricas em ferro e em depósitos minerais de origem hidrotermal (MACHADO *et al*, 2000 a 2003b). Não sendo, portanto, um mineral comumente associado ao leptinito, mas um mineral exógeno, que remete possivelmente à alterações do material usado nas argamassas que cobrem as fachadas da Casa de Rui, que porventura ficou inscrustado na rocha.



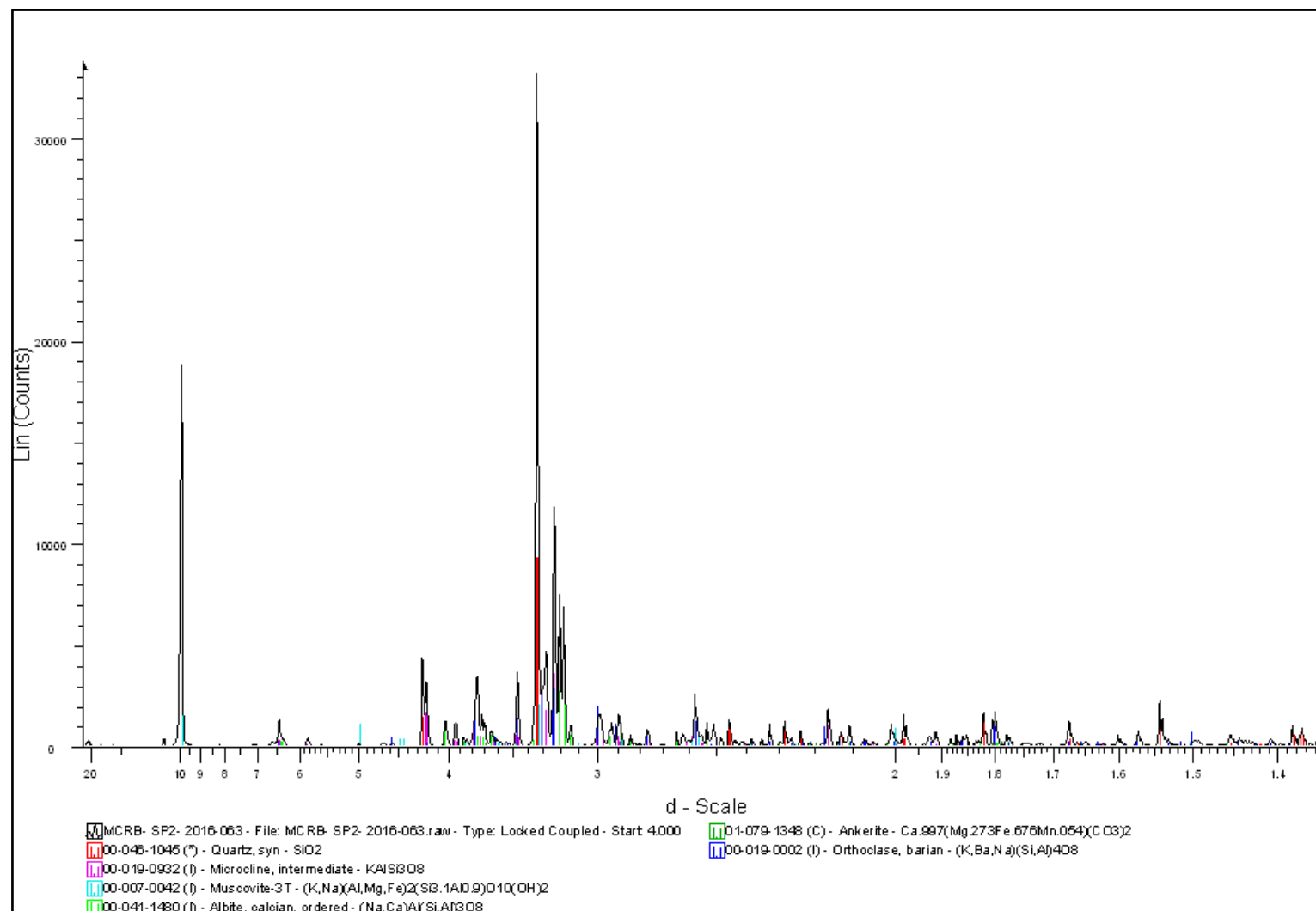


Figura 34: Difractograma da amostra da porta SP2.

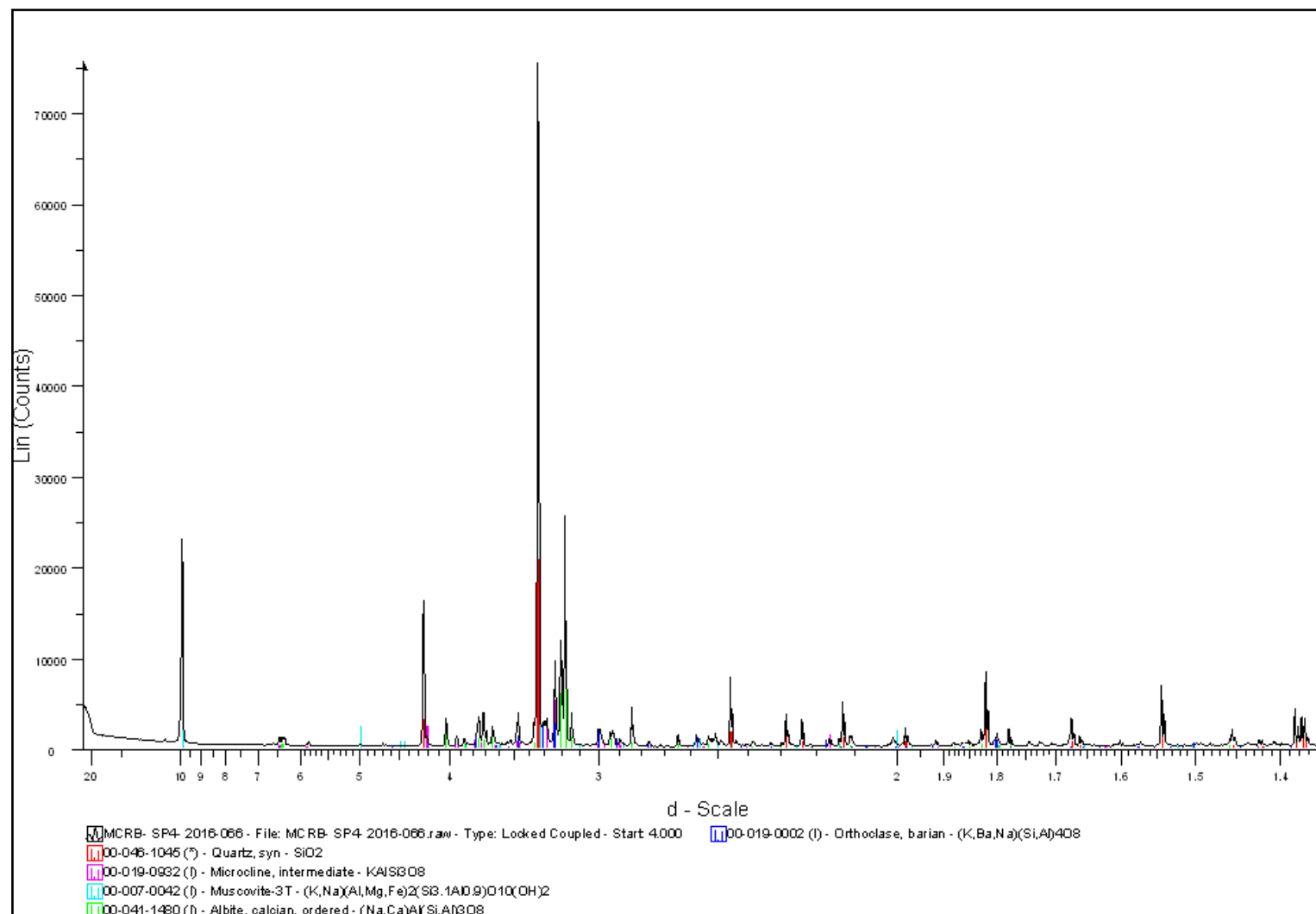


Figura 35: Difratoograma da amostra da porta SP4.

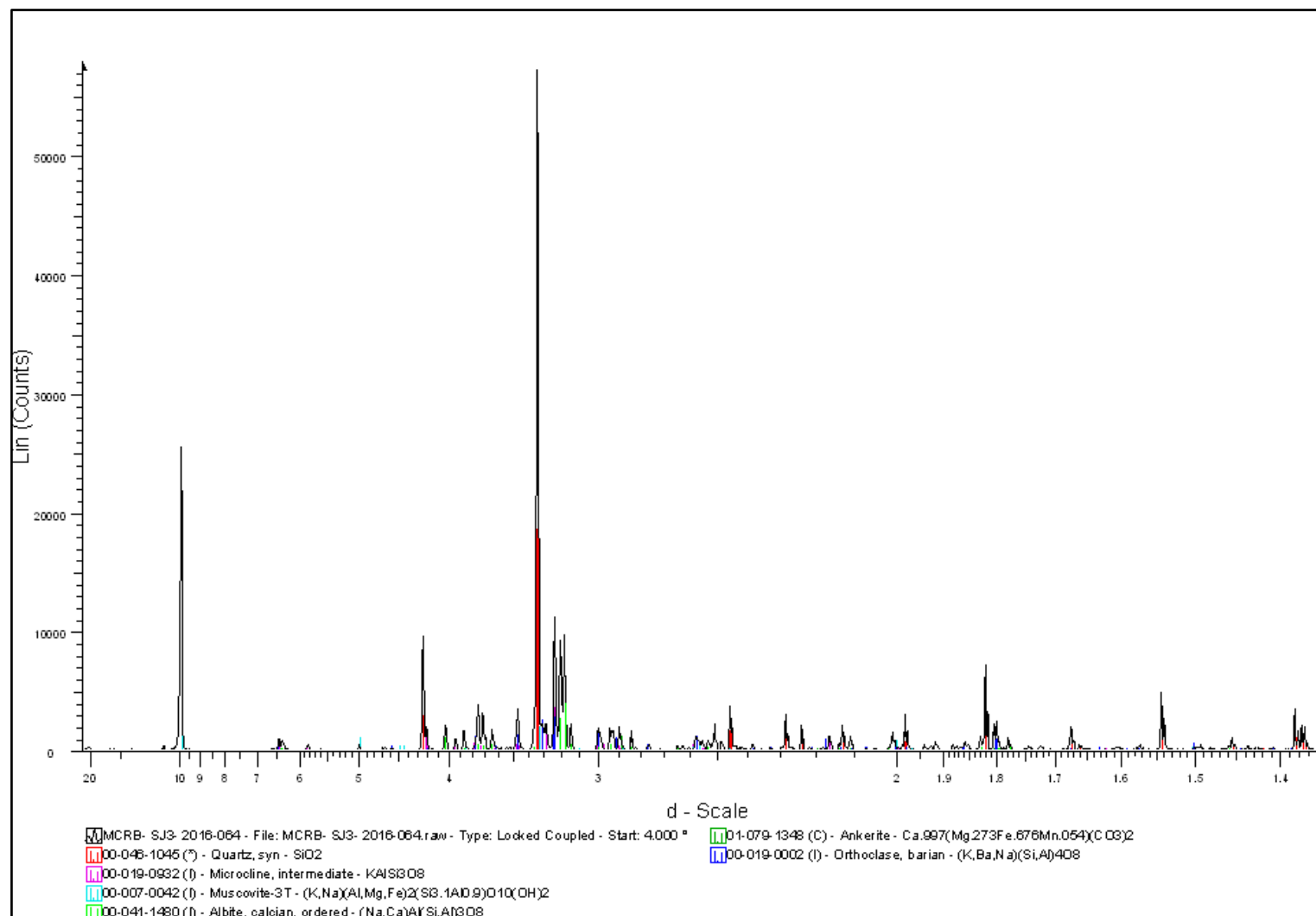


Figura 36: Difratoograma da amostra da janela SJ3.

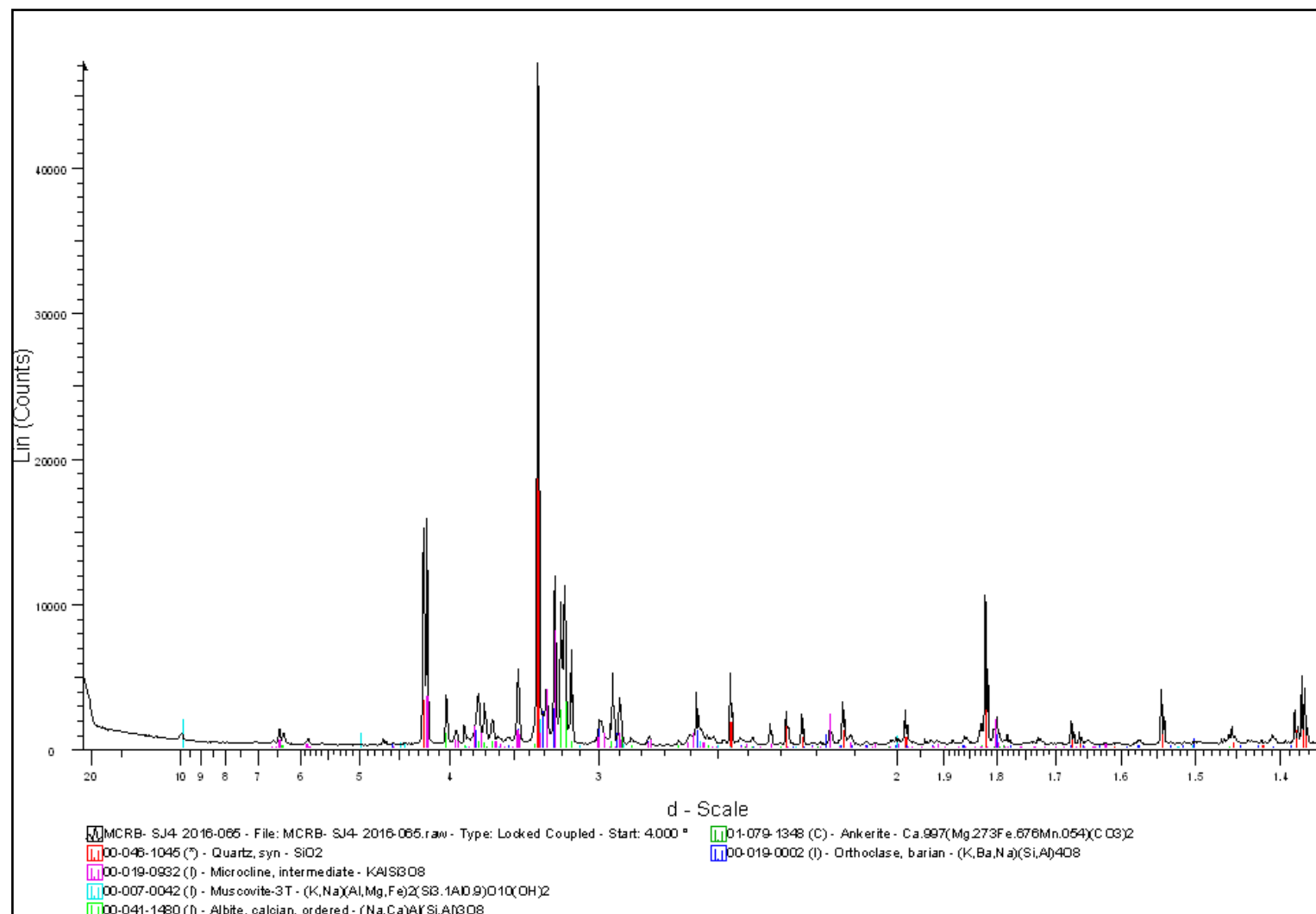


Figura 37: Difratoograma da amostra da janela SJ4.

### 6.2.3 Análise de Sais e Sujidades

Na Tabela 23 estão apresentados os resultados da análise química da água de lavagem. A ordem corresponde à disposição das janelas e portas da fachada sul principal, da esquerda para a direita, de oeste para leste, da SJ1 até a SJ4. A exceção foi a porta SP1, cuja medição teve uma barreira física para sua medição no dia da análise, por se encontrar um andaime atrelado à fachada na ocasião das medições realizadas.

A partir da Tabela 23, observa-se que os valores mais elevados são os de sulfeto ( $S^{2-}$ ) e sulfato  $[(SO_4)^{2-}]$ , provavelmente decorrentes da emissão maciça de poluentes devido ao tráfego intenso de veículos na rua São Clemente, já que fachada sul principal fica diretamente exposta a ela e, portanto, é a fachada mais afetada. Vale salientar que os maiores valores se encontram nas janelas SJ1 e SJ4, que ficam nas extremidades da fachada sul principal e que, portanto, estão mais sujeitas às intempéries. Sendo a janela SJ4 aquela que apresenta os maiores teores de  $S^{2-}$  e  $(SO_4)^{2-}$  e um maior grau de degradação observável, principalmente, no que se refere à perda de massa.

Além disso, observam-se também os altos valores de íons de  $Ca^{2+}$ , provavelmente provenientes da argamassa utilizada na fachada sul principal, composta basicamente por quartzo e calcita, e transportados para a rocha por meio de água de chuvas (DALTO *et al.*, 2016).

Nota-se ainda que os valores dos íons de  $Na^+$  e  $Cl^-$  estão basicamente na proporção de 1:1, indicando uma possível união dos mesmos na forma do sal NaCl, proveniente possivelmente do spray salino vindo da Baía de Guanabara, a uma distância de menos de 800 m à leste da Casa de Rui Barbosa. Sendo que a janela SJ4 mais uma vez é aquela que apresenta os maiores teores, contribuindo para seu alto grau de alteração.

Quando há presença de sais dissolvidos nas águas, em especial cloretos, sulfatos e carbonatos, estes se infiltram em fissuras e fraturas, seguidos de sua precipitação. Assim, pode ocorrer um aumento de seu volume levando à fragmentação da rocha devido ao aumento de pressão no espaço antes vazio. Tais rachaduras facilitam a penetração da água, principal agente do intemperismo químico, podendo ocasionar uma perda de massa (BRANCO, 2014).

Já os nitratos  $[(NO_3)^-]$  encontrados podem ser relacionados não somente à poluição atmosférica, como também aos excrementos de animais, principalmente, de pombos e morcegos, que transitam pelo local e muitas vezes se alojam nas partes superiores do monumento. Os excrementos são, então, espalhados pelas águas das chuvas causando alterações nas rochas.

**Tabela 23: Análise química ( $mg.L^{-1}$ ) dos íons encontrados na água de lavagem**

Amostras Íons	SJ1	SJ2	SP2	SP3	SP4	SJ3	SP5	SJ4
$Na^+$	3,2	4,9	2,0	4,8	3,1	5,1	1,8	8,9
$Al^{3+}$	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,2
$Ca^{2+}$	23,2	39,4	23,3	30,4	17,0	32,4	16,9	83,6
$Cl^-$	7,9	5,1	5,8	7,0	6,2	6,3	2,8	9,4
$K^+$	1,8	1,6	1,6	1,9	2,4	1,5	1,1	2,9
$Fe^{3+}$	0,07	0,01	0,01	0,005	0,005	0,01	0,02	<0,001
$Mg^{2+}$	1,2	0,69	0,69	1,1	0,62	0,62	0,23	0,96
$S^{2-}$	17,4	5,0	5,0	10,5	5,1	6,5	2,4	70,6
$(SO_4)^{2-}$	37,0	10,0	10,0	20,0	15,0	16,0	6,7	141,0
$(NO_3)^-$	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	4,9	<0,06	<0,06	1,7

#### 6.2.4 Análise de pH

Na Tabela 24 estão apresentados os resultados obtidos para as análises de pH referentes às águas de lavagem das rochas da fachada sul principal. A ordem corresponde à disposição das janelas e portas da esquerda para a direita, de oeste para leste, da SJ1 até a SJ4.

As amostras coletadas apresentaram valores de pH próximos à região de basicidade ( $>7,0$ ). Tais valores refletem a abundância de íons alcalinos, principalmente, o  $Ca^{2+}$ , desprendido da argamassa (DALTO *et al.*, 2016). Tais íons inclusive reagem com os sulfatos formando gipsita ( $CaSO_4.2H_2O$ ).

**Tabela 24: Medição de pH das águas de lavagem**

Amostra	SJ1	SJ2	SP2	SP3	SP4	SJ3	SP5	SJ4
pH	7,48	8,25	6,96	8,04	7,70	8,29	7,41	8,10



## 7. Conclusões

Por meio das análises químicas e mineralógicas, juntamente com as visitas de campo, constatou-se que as rochas de cantaria utilizadas na fachada sul principal são compostas essencialmente por quartzo, feldspato, biotita e granada e se trata de um granada biotita gnaiss, chamado comumente de leptinito. O leptinito é uma rocha tipicamente carioca, muito presente em diversos monumentos históricos do Rio de Janeiro, juntamente com o gnaiss facoidal.

As rochas em questão se encontram em notável estado de degradação, apresentando variados graus e tipos de alteração em cada local específico. Entre as morfologias de alteração reconhecidas estavam: fendas, fragmentações, rupturas, alterações cromáticas e sujidades, além de modificações de elementos da fachada, indicando uma grande variedade de fontes de degradação dessas rochas ao longo do tempo, distribuídas nas molduras das portas e janelas da fachada sul principal.

Os valores de dureza obtidos apresentaram grande discrepância em relação aos valores de dureza de uma rocha sã (não alterada), o que reitera o estado de deterioração vigente nas rochas de uma maneira geral, em especial nas janelas das extremidades da fachada (SJ1 e SJ4).

Quanto ao brilho e à luminosidade também notou-se uma diminuição dos mesmos, indicando o desgaste das rochas com o tempo. Já a coloração alterou do quadrante verde-claro para o laranja, indicando uma mudança significativa na coloração dos minerais do leptinito, atestando possivelmente uma mudança composicional devido a um intemperismo químico atuante nas rochas.

As análises de sais e sujidades evidenciaram a degradação por meio dos poluentes liberados pela queima de combustíveis fósseis devido ao intenso tráfego veicular da Rua São Clemente, assim como por meio dos sais trazidos pelo spray salino proveniente da Baía de Guanabara. Os sulfatos e sulfetos possivelmente foram responsáveis pelo surgimento de sujidades incrustadas nas rochas, assim como as perdas de massa nos cantos das janelas e portas, em especial naquelas localizadas nas extremidades da fachada. Além disso, os sais podem ser responsáveis por parte das rachaduras encontradas nas rochas.

Já a análise do pH destacou valores acima de 7,0 revelando a natureza básica das amostras devido à abundância de íons alcalinos provenientes, possivelmente, da argamassa e que foram trazidos por chuvas.

Portanto, após os estudos realizados tanto *in situ*, quanto por meio de análise laboratorial, foi possível comprovar um processo de deterioração contínuo das rochas de cantaria das portas e janelas da fachada sul principal do Museu Casa de Rui Barbosa. Entre as prováveis causas da degradação estão: a proximidade do museu-casa ao mar, permitindo a chegada do spray salino com a conseqüente deposição de sais nos poros da rocha; a poluição gerada pelo intenso tráfego de veículos da rua, levando à deposição de partículas sólidas que ficam incrustadas na rocha; e a modificação de elementos da fachada ocasionando, na maioria dos casos, uma degeneração da mesma. Tais condições conseqüentemente demandam cuidados que visem reparar os danos já gerados, além de minimizar danos futuros, principalmente nos casos em que os agentes continuarão agindo, como o spray salino e a poluição.

## Referências Bibliográficas

ACADEMIA Brasileira de Letras. **Biografia de Rui Barbosa**. (19??) Disponível em: <<http://www.academia.org.br/academicos/rui-barbosa/biografia>>. Acesso em: 03 de abril de 2016

ALMEIDA, S, PORTO JUNIOR, R. **Cantarias e pedreiras históricas do Rio de Janeiro: instrumentos potenciais de divulgação das ciências geológicas**. TerraeDidatica, Campinas, SP, v. 8, n. 1, p. 3-23, jun. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637423>>. Acesso em: 15 de abril de 2017.

ANON. **Building and Roofing Stone**. British Geological Survey Mineral Profile. Nottingham. 2005.

ANTUNES, C. 2011. **O que é um espaço de cor, então?** Disponível em: <[http://catarinaantunesdesign.blogspot.com.br/2011\\_01\\_02\\_archive.html](http://catarinaantunesdesign.blogspot.com.br/2011_01_02_archive.html)>. Acesso em: 10 de abril de 2017

AZEVEDO, G. **Mineiros na estrada: Mergulhando na História no Museu da Inconfidência, em Ouro Preto**. 2016. Disponível em: <<http://www.mineirosnaestrada.com.br/museu-da-inconfidencia-ouro-preto/>>. Acesso em: 05 de abril de 2017.

AZUAGA, D. **Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil**. 2000. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/7773316-Danos-ambientais-causados-por-veiculos-leves-no-brasil-denise-azuaga.html>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

BRANCO, P. M. **O intemperismo e a Erosão. Canal-Escola CPRM**. 2014. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/O-Intemperismo-e-a-Erosao-1313.html>>. Acesso em: 14 de junho de 2017.

CANEVAROLO Jr., S. V. **Técnicas De Caracterização de Polímeros**. Artiber. São Paulo. 2004. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/273340060\\_Tecnicas\\_De\\_Caracterizacao\\_de\\_Polimeros](https://www.researchgate.net/publication/273340060_Tecnicas_De_Caracterizacao_de_Polimeros)>. Acesso: 20 de maio de 2016.

DALTO, D. P. S.; MOURA, L. C. R.; RIBEIRO, R. C. C. **Caracterização Tecnológica das Argamassas Históricas do Museu Casa Rui Barbosa**. 1º. Simpósio Brasileiro de Caracterização e Conservação da Pedra 14 a 16 de dezembro de 2016, Congonhas-MG.

DOEHNE, E., PRICE, C. A. **Stone Conservation – An Overview of Current Research**. 2 ed. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2010. 175p. Disponível em: <[http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/stoneconservation.pdf](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/stoneconservation.pdf)>. Acesso em: 05 de maio de 2016.

FRASCÁ, M. H. B O. Tipos de Rochas Ornamentais e Características Tecnológicas. In: VIDAL, F. W. H., AZEVEDO, H. C. A., CASTRO, N. F. **Tecnologia de Rochas Ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro, CETEM/MCTI, 2013. p. 45-98. <http://livrandante.com.br/2017/03/26/francisco-w-h-vidal-helio-c-azevedo-nuria-f-castro-edits-tecnologia-de-rochas-ornamentais-pesquisa-lavra-e-beneficiamento/>

FUNDAÇÃO Casa de Rui Barbosa. **Biografia de Rui Barbosa**. 1997. Disponível em: <<http://www.casaruibarbosa.gov.br/>>. Acesso em: 09 de Maio de 2016.

GOOGLE Earth. 2016. <<https://maps.google.com>>. Acesso em: 15 de abril de 2016.

ICOMOS-ISCS: **Illustrated glossary on stone deterioration patterns/Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre. English-French version - version Anglais Français**. Paris: ICOMOS-ISCS, 2008. 78 p.

K'AKUMU, O. A., JONES, B., BLYTH, A. **The market environment for artisanal dimension stone in Nairobi, Kenya**. Habitat International, Volume 34, Cap. 1. Jan. 2010. P. 96-104. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397509000605>>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

KORKANÇ, M., SAVRAN, A. **Impact of the surface roughness of stones used in historical buildings on biodeterioration**. Construction and Building Materials, Volume 80. Abr. 2015, P. 279-294. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815001075>>. Acesso em: 10 de junho de 2016.

MACHADO, F.B., MOREIRA, C.A., ZANARDO, A, ANDRE, A.C., GODOY, A.M., FERREIRA, J. A., GALEMBECK, T., NARDY, A.J.R., ARTUR, A.C., OLIVEIRA, M.A.F.de. [2000 a 2003a]. **Atlas de Rochas [on-line]**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm>>. Acesso em: 15 abril de de 2017.

MACHADO, F.B.; MOREIRA, C.A.; ZANARDO, A; ANDRE, A.C.; GODOY, A.M.; FERREIRA, J. A.; GALEMBECK, T.; NARDY, A.J.R.; ARTUR, A.C.; OLIVEIRA, M.A.F.de. [2000 a 2003b]. **Enciclopédia Multimídia de Minerais [on-line]**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm>>. Acesso em: 10 junho de 2016.

MANSUR, K. L.; CARVALHO, I.S.; DELPHIM, C.F.M.; BARROSO, E.V. 2008. O Gnaisse Facoidal: a mais carioca das rochas. **Anuário do instituto de Geociências da UFRJ**, v. 31, n. 2, p. 9-22. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5378/4888>>. Acesso em: 18 de maio de 2016.

MICHAELIS **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. 2015. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>>. Acesso em: 20 maio 2017.

MORAIS, W. A. de, MAGNABOSCO, A. S. **Ensaio de dureza são de execução simples e rápida, porém requerem uma análise criteriosa de seus resultados**.

Revista Tubo & Cia Artigo. (Ano VIII Nº50), São Paulo, v. 3, p. 22-31, 01 jun. 2012. Disponível em: <[http://www.inspebras.com.br/materiais/propriedades\\_02\\_artigo\\_revista\\_tubo\\_n50.pdf](http://www.inspebras.com.br/materiais/propriedades_02_artigo_revista_tubo_n50.pdf)>. Acesso em: 15 de julho de 2016

MOURA, L. C. R., DALTO, D. P., RIBEIRO, R. C. C. 2016. Estudo das morfologias de alteração presentes nas rochas das fachadas da Igreja de Nossa Senhora da Candelária. **1º Simpósio Brasileiro de Caracterização e Conservação da Pedra**, Congonhas, MG, 2016, 9p. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2016/CAC0085-00-16.pdf>>. Acesso em: 12 de abril de 2017.

NPArq - Núcleo de Preservação Arquitetônica, Centro de Memória e Informação. **Caderno de Apoio à Elaboração do Caderno de Encargos: Conservação das superfícies arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa**. 2015.

OGBURN, D., SILLAR, B., SIERRA, J. C. Evaluating effects of chemical weathering and surface contamination on the in situ provenance analysis of building stones in the Cuzco region of Peru with portable XRF, **Journal of Archaeological Science**, Volume 40, Cap. 4, Abr 2013, P. 1823-1837. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440312004256>>. Acesso em: 15 de abril de 2016.

OSTROOUMOV, M. **A Raman, IR and XRD analysis of the deterioration on historical monuments: Case study from Mexico**. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Volume 73, Cap. 3, Ago. 2009, P. 498-504. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386142508006914>>. Acesso em: 10 de abril de 2016

PEREIRA, R. M. N. 2009. **Pigmentação de rochas**. Dissertação Mestrado em Engenharia de Minas e Geo - Ambiente - 2008/2009 - Departamento de Engenharia de Minas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

PROCEQ. **Folheto explicativo. Ensaios de Dureza Leeb-Rockwell-UCI**. 2016a. Disponível em: <[https://www.proceq.com/uploads/tx\\_proceqproductcms/import\\_data/files/Equotip%200550\\_Sales%20Flyer\\_Portuguese\\_high.pdf](https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Equotip%200550_Sales%20Flyer_Portuguese_high.pdf)>. Acesso em: 06 de abril de 2017.

PROCEQ. **Manual Equotip**. 2016b. Disponível em: <[https://www.proceq.com/uploads/tx\\_proceqproductcms/import\\_data/files/Equotip%200550\\_Operating%20Instructions\\_Portuguese\\_high.pdf](https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Equotip%200550_Operating%20Instructions_Portuguese_high.pdf)>. Acesso em: 03 de abril de 2016.

PROCEQ. **Equotip portable metal hardness testers Leeb, Rockwell & UCI**. Disponível em: <<https://www.proceq.com/compare/equotip-portable-hardness-testing/>>. Acesso em: 03 de abril de 2017.

SAEED, U., ALSADI, J., AHMAD, S., RIZVI, G. e ROSS, D. **Polymer Color Properties: Neural Network**. Dezembro de 2014. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/266303113\\_Polymer\\_Color\\_Properties\\_Neural\\_Network\\_Modeling](https://www.researchgate.net/publication/266303113_Polymer_Color_Properties_Neural_Network_Modeling)>. Acesso em: 16 de maio de 2017

SCAPIN, M. A. **Aplicação da difração e fluorescência de raios-X (WDXRF): ensaios em argilominerais**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. Disponível em: <[http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Marcos%20Antonio%20Scapin\\_M.pdf](http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Marcos%20Antonio%20Scapin_M.pdf)>. Acesso em: 07 de junho de 2017

SIEGESMUND, S.; TÖRÖK, Á. Chapter 2: Building Stones. *In*: SIEGESMUND, S.; SNETHLAGE, R. 2014. **Stone in Architecture**. P. 11-95. Springer, Berlin. Disponível em: <[http://www.springer.com/cda/content/document/cda\\_downloaddocument/9783642451546-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1446431-p176370404](http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783642451546-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1446431-p176370404)>. Acesso em 05 de abril de 2016.

STEFANIDOU, M., PACHTA, V., PAPAYIANNI, I. **Design and testing of artificial stone for the restoration of stone elements in monuments and historic buildings**. Construction and Building Materials, Volume 93, Set. 2015, P. 957-965. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815005607>>. Acesso em: 13 de abril de 2016.

VIDAL, F. V.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. Introdução. *In*: VIDAL, F. V.; CASTRO, N. F., FRASCÁ, M. H. B O. **Tecnologia de Rochas Ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. p. 15-42. [http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1730/CCL00010014\\_CAPITULO\\_01\\_opt%20\(1\).pdf?sequence=1](http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1730/CCL00010014_CAPITULO_01_opt%20(1).pdf?sequence=1)

WHITEHEAD, A. N. Rochas: Registros de Processos Geológicos. *In*: PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. Disponível em: <<http://estudandogeologia.blogspot.com.br/2011/04/para-entender-terra-download.html>>. Acesso em: 06 de junho de 2017.

YATSUZUKA, R.; ROCHA, M.; ASTUTO, V. B. **Espectrometria de emissão óptica com plasma - ICP OES**. Instituto de Química, USP. Disponível em: <[http://ca.iq.usp.br/novo/paginas\\_view.php?idPagina=13](http://ca.iq.usp.br/novo/paginas_view.php?idPagina=13)>. São Paulo. Acesso em 21 de maio de 2016.